

Denne artikel er publiceret i det elektroniske tidsskrift

Artikler fra Trafikdage på Aalborg Universitet

(Proceedings from the Annual Transport Conference
at Aalborg University)

ISSN 1603-9696

www.trafikdage.dk/artikelarkiv



Samfundsøkonomisk prioritering af ressourcer til klimatilpasning af veje - principper og metode

Henrik Bachtman Larsen, Vejdirektoratet

Karsten Sten Pedersen, COWI A/S

Ole Kveiborg, COWI A/S

Abstrakt

I de senere år har vi i Danmark oplevet flere hændelser med ekstrem nedbør, som kan hænge sammen med klimaændringer som følge af global opvarmning. Centralt for vurderingerne af fremtidens klima er, at der som følge af højere temperaturer i atmosfæren vil komme mere nedbør, både som sum over året, men også i form af mere intensiv nedbør. Der kan også forventes hyppigere og kraftige storme. Hertil kommer stigninger i havniveauet som følge af afsmeltning af is ved polerne.

Formålet har været at udvikle en samfundsøkonomisk baseret metode, som Vejdirektoratet kan bruge til at prioritere en given mængde ressourcer til klimatilpasning. Kravet har været, at metoden skal a) kunne bruges til at prioritere mellem og rangordne et antal klimatilpasningsaktiviteter inden for en given økonomisk ramme b) være let forståelig, konsistent og bygge på normale samfundsøkonomiske principper og c) kunne videreudvikles til implementering på et senere tidspunkt.

Nogle af de seneste års klimarelaterede hændelser – f.eks. oversvømmelserne af Lyngbyvej – har været meget omfattende – ikke blot spektakulært men også trafikalt med en række omkostninger for trafikanterne og samfundet til følge. Hvor der ved eksempelvis tilrettelæggelse af ulykkesbekæmpelse eller trængsel foreligger velafprøvede samfundsøkonomiske prioriteringsmetoder til at prioritere mellem forskellige projekter, er situationen i forhold til samfundsøkonomisk prioritering af klimatilpasningsprojekter noget mere jomfruelig. Set i lyset af at klimahændelser må forventes at være stigende, og at ressourcerne til forbedringer af statsvejnettet ikke er ubegrænsede, er det nødvendigt at have et prioriteringsgrundlag med baggrund i samfundsøkonomisk tankegang.

Baggrund og formål

Formålet har været at udvikle en samfundsøkonomisk baseret metode, som Vejdirektoratet kan bruge til at prioritere en given mængde ressourcer til klimatilpasning. Kravet har været, at metoden skal:

- Kunne bruges til at prioritere mellem og rangordne et antal klimatilpasningsaktiviteter inden for en given økonomisk ramme
- Være let forståelig, konsistent og bygge på normale samfundsøkonomiske principper
- Kunne videreudvikles til implementering på et senere tidspunkt.

Vejdirektoratets udfordring med klimatilpasning

Hvordan vejret vil ændre sig i fremtiden er forbundet med usikkerhed, men at klimaet er under forandring er sikkert. Det har IPCC bl.a. slået fast i deres rapporter om sammenhængen mellem global opvarmning og klimaændringer.

I de senere år har vi i Danmark oplevet flere hændelser med ekstrem nedbør, som netop kan hænge sammen med klimaændringer som følge af global opvarmning. Centralt for vurderingerne af fremtidens klima er, at der som følge af højere temperaturer i atmosfæren vil komme mere nedbør, både som sum over året, men også i form af mere intensiv nedbør. Der kan også forventes hyppigere og kraftige storme. Hertil kommer stigninger i havniveauet som følge af afsmeltning af is ved polerne.

Nogle af hændelserne – f.eks. oversvømmelserne af Lyngbyvej – har været meget omfattende ikke blot spektakulært, men også trafikalt med en række omkostninger for trafikanterne (særligt de, som måtte efterlade deres biler i vandmasserne), og samfundet til følge pga. af tidstab ved omvejskørsel, øget trængsel mm.

Statsvejnettet udgør hovedpulsårene i den overordnede infrastruktur i Danmark og forbinder landsdele, egne og større byområder med hinanden. En del af statsvejnettet, primært motorvejsnettet, indgår tillige i TEN-T-vejnettet som er et overordnet europæisk vejnet og har til formål at binde Europa trafikalt sammen. Betydningen af statsvejnettet kan illustreres ved, at det med sine cirka 5 % af det offentlige vejnet og afvikler cirka 50 % af al vejtrafik i Danmark. Det er således ikke uden betydning, hvis klimahændelser sætter statsvejnettets trafikale funktion ud af spil.

Hvor der ved eksempel tilrettelæggelse af ulykkesbekæmpelse eller trængsel foreligger velafprøvede samfundsøkonomiske prioriteringsmetoder til at prioritere mellem forskelle projekter, er situationen i forhold til samfundsøkonomisk prioritering af klimatilpasningsprojekter noget mere jomfruelig. Set i lyset af at klimahændelser må forventes at være stigende og at ressourcerne til forbedringer af statsvejnettet ikke er ubegrænsede er det nødvendigt at have et prioriteringsgrundlag med baggrund i samfundsøkonomisk tankegang.

Metode, ide og tilgang

Den udviklede prioriteringsmetode bygger på de samme samfundsøkonomiske principper som anvendes ved andre analyser af investeringsprojekter i transportsektoren i Danmark. Det er endvidere en præmis, at prioriteringsanalyser så vidt muligt baseres på tilgængelig kvantitativ information og data.

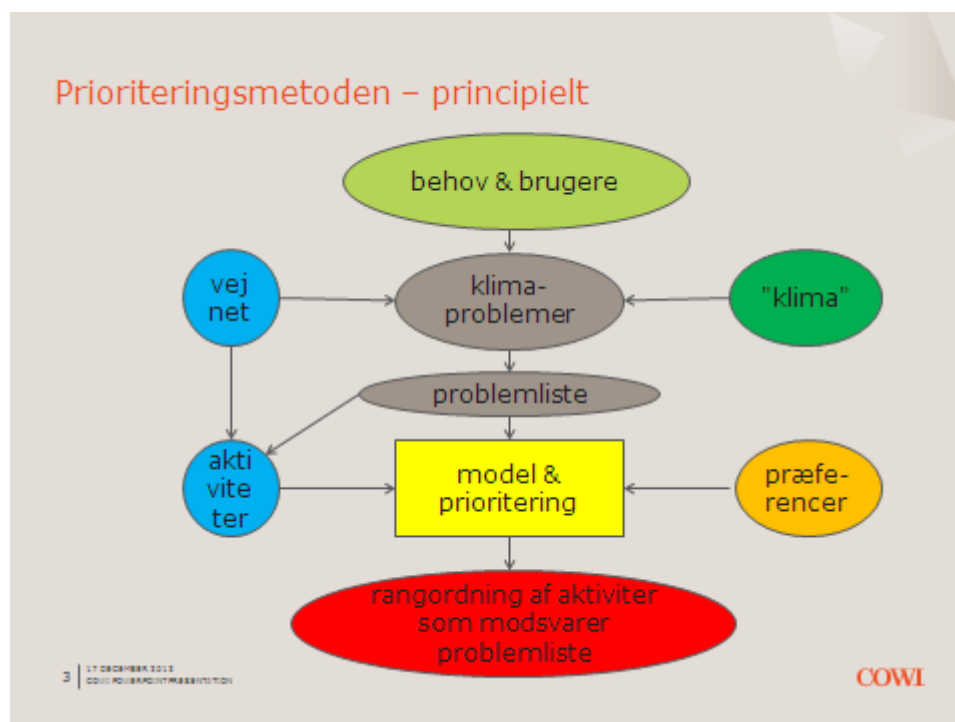
Metodetilgang

Rammen omkring prioriteringsmetoden er illustreret i nedenstående figur. Tankegangen er, at trafikanternes/brugernes behov for mobilitet sammenholdt med kvaliteten/funktionaliteten af det eksisterende vejnet og effekterne af det fremtidige klima afgør hvor store eller betydende de klimarelaterede udfordringer vil være i fremtiden i forhold til situationen i dag. Dette kræver, at der bliver

taget stilling til hvilken klimafremtid man forholder sig, dvs. både hvilken tidsperiode/år og hvilket klimascenario.

Der tages udgangspunkt i en vurdering af, hvor store og hvilke klimaudfordringer vejsektoren og dens brugere står overfor, hvis der ikke ændres på den måde vejnettet udbygges og vedligeholdes på i forhold til i dag. På den baggrund kan de betydende problemer, som bør indgå i en prioritering, identificeres. Med andre ord er det en vigtig del af processen at få identificeret en liste over de klimarelaterede problemstillinger, som forventes at være så vigtige eller betydende, at de bør indgå i en prioritering.

Når listen over relevante/betydende klimaproblemer er etableret, anvendes normale samfundsøkonomiske standarder og kriterier til opgørelse af gevinster og omkostninger ved at bruge diverse løsninger til at adressere klimaproblemerne. Dette kan ske enten ved en rent kvantitativ tilgang eller ved helt eller delvist at anvende en multikriterietilgang, hvis kvantitative data ikke umiddelbart kan tilvejebringes.



Prioriteringsmetoden

Den konkrete metode er opdelt i fem trin, hvor hvert trin dels indsnævrer de problemstillinger som behandles og dels går i retning af øget kvantificering af effekter, gevinster og omkostninger:

- | | |
|---------|---|
| Trin 0: | Identifikation af klimaproblemer |
| Trin 1: | Identifikation af problemer (og deres omfang) der indgår i prioriteringen |
| Trin 2: | Tilpasningsaktiviteter og deres effekter |
| Trin 3: | Opgørelse af omkostninger og gevinster ved tilpasningsaktiviteter |
| Trin 4: | Rangordning |

Overordnede trin i metoden

I det følgende gives en introduktion til trinene i den foreslåede metode, mens en detaljeret gennemgang er præsenteret i Kapitel "Prioriteringsmetoden - detaljerede trin".

Trin 0: Grundlæggende forudsætninger om klimaproblemer og konsekvenser

- Fastlæggelse af forudsætninger for beregninger af omfang af effekter og konsekvenser af klimaændringer
- Valg af klimascenarie
- Valg af "prioriteringsår"

Resultat: Grundlag for den klimakontekst prioriteringsmetoden skal bruges i.

Trin 1: Identifikation af klimaproblemer og opgørelse af omfang samt screening/hændelser der skal prioriteres imellem

- Analyse af klimarelaterede problemstillinger (for valgt klimascenarie) i et valgt fremtidig "prioriteringsår" uden ændring i aktiviteter i forhold til klimaproblemstillinger ("Reference Aktivitetsniveau" - RA)
- Hvor er der udsatte lokaliteter eller typer af lokaliteter
- Hvad er problemet (f.eks. oversvømmelse af vejbaner, erosion pga. af stigende grundvand osv.)
- Hvem påvirkes (brugere, vejmyndighed, ikke-brugere) og hvor meget, hvis RA fastholdes
- Samlet vurdering (kvalitativt/kvantitativt) af effekter med RA

Resultat: Liste med problemer der skal indgå i prioriteringen

Trin 2: Klimatilpasningsaktiviteter og deres effekter

- Hvilke aktiviteter matcher hvilke problemer
- Hvor stor er gevinsten (hvor meget reduceres problemet, f.eks. reduceret sandsynlig for at det indtræffer) og hvilke konsekvenser har det for brugerne og vejmyndigheden

Resultat: For hvert klimaproblem findes en oversigt med beskrivelse og vurdering, der skal indgå i prioriteringen:

- Hvad er den tilhørende aktivitet som løser/reducerer problemet
- Hvor meget reduceres problemet

Trin 3: Opgørelse af gevinster og omkostninger ved at gennemføre en given klimatilpasningsaktivitet

- Årlige samfundsøkonomiske gevinster for alle (brugere, ikke-brugere, vejmyndighed) pr. undgået klimahændelse, evt. opskaleret til statsligt vejnet
- Årlige samfundsøkonomiske meromkostninger (drift, investering) for alle (brugere, ikke-brugere, vejmyndighed) for at undgå en hændelse, evt. opskaleret til statsligt vejnet

Resultat: For hver klimatilpasningsaktivitet findes en oversigt med beregning/vurdering der skal indgå i prioriteringen:

- Samlede gevinster
- Samlede omkostninger

Trin 4: Rangordning af klimatilpasningsaktiviteter

- Beregning af 'Benefit/Cost ratio' for alle aktiviteter

Resultat: Samfundsøkonomisk prioriteret rangliste af aktiviteter:

- B/C ratio for alle aktiviteter
- Kun aktiviteter med B/C ratio >1 og som kan rummes inden for ressourcerammen kan anbefale

Prioriteringsmetoden - detaljerede trin

Trin 0: Grundlæggende forudsætninger om klimaproblemer og konsekvenser

Der er fire centrale elementer i trin 0. Det første element i en vurdering af omfanget og typerne af klimaproblemstillinger er en beskrivelse af det fremtidige klima. Som et grundlæggende input vælges derfor en klimafremtid i form af et klimascenarie. Klimascenariet skal beskrives ud fra de vigtige variable, der har betydning for omfanget af klimaproblemstillinger og deres effekter. I forhold til nærværende opgave er det vigtigt at vurdere bl.a. hvor meget regnmængderne øges og i hvilket omfang såkaldt 'ekstremregn' øges i hyppighed og styrke.

Det andet element er at fastlægge et beregningsår, som prioriteringen forholder sig til. Dvs. alle effekter opgøres i et enkelt år. Dette betyder, at det valgte klimascenarie skal beskrives for netop dette år. Udvælgelsen af et enkelt år som beregningsgrundlag er med til at simplificere processen, således at det ikke er et tidsforløb for konsekvenser mv., der skal beskrives og beregnes.

Det tredje element er fastlæggelsen af "Reference Aktivitetsniveauet" (RA). Dette niveau omfatter de aktiviteter, der gennemføres i forhold til klimarelaterede hændelser allerede nu og de ting, der forudsættes igangsat fremover.

Det sidste element i trin 0 er udpegning af relevante lokaliteter, der kan indgå i den efterfølgende screening. Denne udpegning tager udgangspunkt i Vejdirektoratets erfaringer og eventuelle registreringer af klimarelaterede hændelser og fra aktiviteter som f.eks. 'Blue spot'-kortlægning.

Resultatet er en bruttoliste af lokaliteter, der skal undergå en nærmere screening i Trin 1 samt korte beskrivelser af, hvad klimaproblemstillingerne for disse lokaliteter er.

Trin 1: Screening af klimaproblemer - som medtages i prioriteringen

For en række lokaliteter, der er fundet i trin 0 foretages en screening. Screeningen omfatter opgørelser af de samlede klimarelaterede effekter af det valgte klimascenarie i det valgte beregningsår. I vurderingerne af omfanget af effekterne skelnes ikke mellem eventuelle stigninger eller fald i effekterne, men alene de totale klima- (eller vejr-)relaterede effekter.

Effekterne kan sammenfattes i tre hovedgrupper:

- 1 Effekter på brugerne
 - Hensyn til hvor mange, hvor lang tid og hvilke alternativer
- 2 Effekter på ikke-brugerne
 - Hensyn til omfanget af eventuelle skader
- 3 Effekter på vejmyndigheden
 - Hensyn til omkostninger til uundgåelig reparation af opståede skader ved hændelse
 - Hensyn til akkumuleret nedbrydning af infrastruktur

Effekterne fastlægges for hver lokalitet eller hver type af lokalitet, der er udpeget i trin 0. Det kan dermed sammenfattes i en tabeloversigt som vist i Tabel 1.

Tabel 1. Foreslået struktur til oversigt over effekter for klimahændelser på udvalgte lokaliteter

Hvor	Hvad sker der	Hvor ofte sker en hændelse	Hvilket omfang
Lokalitet 1 (eller evt. km vej af type X)	Beskrivelse af hændelser (forskellige typer)	- Type 1: #gange - Type 2: #gange	- Effekt for brugere - Effekt for ikke-brugere - Effekt for vejmyndighed
Lokalitet 2	•	•	- Effekt for brugere - Effekt for ikke-brugere - Effekt for vejmyndighed
•	•	•	•

Opgørelserne vil typisk blive lavet, så der for hver lokalitet opgøres et antal gange de typiske hændelser opstår i løbet af beregningsåret og dernæst en angivelse af den gennemsnitlige effekt, når hændelserne opstår.¹

Brugereffekter

Brugereffekterne vil typisk være af typen:

- Ændret tidsforbrug
 - Forsinkelse (ekstra tidsforbrug) ved hændelse (ventetid til passage eller ekstra tid til omvejskørsel)
 - Evt. at turen ikke gennemføres
 - Ændret tidsforbrug omfatter også varigheden af hændelsen
- Ekstra direkte omkostninger:
 - Øget brændstofforbrug pga. evt. omvejskørsel

I konkrete situationer kan disse effekter beregnes ved brug af trafikmodeller, mens det i andre situationer vil være nødvendigt med 'ekspertvurderinger'. I visse tilfælde vil det til anvendelsen i trin 1 screeningen være nok at lave en kvalitativ vurdering.

Ikke-bruger effekter

Selvom prioriteringerne skal foretages for Vejdirektoratets ansvarsområde er det overordnede princip en samfundsøkonomisk prioritering. Derfor skal også effekterne for andre end de, der direkte benytter den berørte vejstrækning også vurderes. Disse 'ikke-bruger' effekter er f.eks.:

- Boliger/bygninger i relation til statsvejene, der kan blive belastet af hændelser med effekt på vejene (eks. oversvømmelser foranlediget af akkumuleret vand på veje mv.).
- Landbrugsarealer, der oversvømmes fordi vand ikke ledes væk i kloaker.

De konkrete effekter vurderes for hver af de lokaliteter, der indgår. I de fleste tilfælde vil opgørelserne være i form af 'ekspertvurderinger' og det kan i nogle situationer alene være i form af kvalitative vurderinger af omfanget (f.eks. begrænset effekt, stor effekt, meget stor effekt).

Effekt for vejmyndighed

En hændelse vil medføre visse udgifter for vejmyndigheden, f.eks.:

- Ekstra udgifter til reparation af beskadiget infrastruktur - akutte og uundgåelige reparationer
- Ekstra udgifter til oprydning, fjernelse af vand, oprensning af afløb mv.
- Akkumulering/forøget nedbrydning af infrastrukturen pga. gentagne hændelser

¹ Det vil i dette trin være muligt at lave meget detaljerede opgørelser, hvor der detaljeres meget ud på effekterne (f.eks. afhængigt af hvor store effekterne er). Dermed bliver de anvendte gennemsnit mere præcise, men kravene til beregningerne stiger også.

Elementer, der her har betydning er:

- Omfanget af skaden (f.eks. antal km. der er berørt)
- Omkostninger til genoprettelse af evt. skade
- Varigheden af skaden (særligt beredskab, der skal opretholdes)

Til screeningen i trin 1 kan disse effekter være baseret på egentlige beregninger, men vil formentlig være mere relevant i form af kvalitative ekspertvurderinger.

Sammenvægtning og prioritering

Den skitserede metode ovenfor lægger op til at de enkelte effekter i reference alternativet opgøres. Det sidste element i trin 1 er en prioritering af, hvilke af de lokaliteter, der er medtaget i trin 0 bruttolisten, som skal med i en endelig prioritering af klimatilpasningsaktiviteter. Prioriteringen sker ved at sammenvægte de fundne effekter for hver af lokaliteterne.

Med udgangspunkt i en samfundsøkonomisk metode vil sammenvægtningen være en økonomisk sammenvægtning, hvor effekterne er værdisat. Det er dog også muligt at undlade en egentlig værdisætning og alene lade prioriteringen ske på baggrund af 'ekspert vurderinger' af vigtigheden af de enkelte effekter på tværs af de undersøgte lokaliteter.

Tabel 1 udvides dermed, så den har denne prioritering med.

Tabel 2. Endelig screening af lokaliteter fra bruttolisten

Hvor	Hvad sker der	Hvor ofte sker en hændelse	Hvilket omfang	Prioriteres
Lokalitet 1 (eller evt. km vej af type X)	Beskrivelse af hændelser (forskellige typer)	• Type 1: #gange • Type 2: #gange	• Effekt for brugere • Effekt for ikke-brugere • Effekt for vejmyndighed	Ja/nej
Lokalitet 2	•	•	• Effekt for brugere • Effekt for ikke-brugere • Effekt for vejmyndighed	Ja/nej
•	•	•	•	

Trin 2: Klimatilpasningsaktiviteter og deres effekter

I trin 2 ses på de aktiviteter, der kan iværksættes for at imødegå de klimarelaterede problemer, der er oplistet som led i trin 0 og 1. Formålet i trin 2 er at opstille forskellige løsningstiltag og beskrive, hvordan disse løser de identificerede problemer.

Et givent tiltag har potentielt to typer af effekter:

- Den kan reducere hyppigheden af at en hændelse opstår
- Den kan reducere problemerne, når en hændelse opstår

Ændringerne i hyppigheden betyder, at antallet af gange, de tre berørte grupper udsættes for klimarelaterede problemer, ændres. Reduktionen af problemerne skal derimod opgøres for hver type af effekt. Der skal derfor opgøres ændringer i effekter for de tre grupper:

- Reduktion i ekstra tidsforbrug for brugerne
- Reduktion i ekstra omkostninger for brugere og ikke-brugere
- Reduktion i såvel 'akut'-omkostninger for vejmyndighed som eventuelle fremtidige øgede investeringsomkostninger for at forebygge hændelser

For hver af de prioriterede (fra trin 1) lokaliteter og hvert af de foreslåede løsningstiltag opgøres, hvor meget de reducerer problemet. Opgørelserne fungerer som input til de egentlige samfundsøkonomiske beregninger og prioriteringer i trin 3, hhv. trin 4.

Tabel 3. Oversigt over tiltag og deres effekter

Hvor	Hvad sker der	Hvor ofte sker en hændelse	Hvilket omfang
Lokalitet 1 (eller evt. km vej af type X)	Beskrivelse af hændelser (forskellige typer) Alternativ A	- Type 1: #gange - Type 2: #gange	- Effekt for brugere - Effekt for ikke-brugere - Effekt for vejmyndighed
Lokalitet 1	Beskrivelse af hændelser (forskellige typer) Alternativ B	- Type 1: #gange - Type 2: #gange	- Effekt for brugere - Effekt for ikke-brugere - Effekt for vejmyndighed
Lokalitet 2	•	•	- Effekt for brugere - Effekt for ikke-brugere - Effekt for vejmyndighed

Opgørelserne kan igen oversigtligt indsættes i tabelformat som vist i Tabel 3. I tabellen medtages for hver lokalitet et antal tiltag, der kan benyttes til løsning af det specifikke klimaproblem. Tiltages beskrives og der redegøres for, hvordan det kan afhjælpe problemet i form af ændringen i hyppigheden og ændringer i effekterne for brugere, ikke-brugere og vejmyndigheden.

Trin 3: Gevinster og omkostninger ved klimatilpasningsaktiviteter

Den endelige prioritering foretages på baggrund af en samfundsøkonomisk opgørelse. Der skal derfor sættes værdier på effekterne af de foreslåede tiltag. De elementer, der skal sættes værdier på er:

- Vejmyndigheden
 - Omkostninger til etablering af tiltaget
 - Ændringer i omkostninger til 'akut' udbedring
- Brugerne
 - Direkte sparede kørselsomkostninger
 - Værdisætning af ændret tidsforbrug
- Ikke-brugerne
 - Ændringer i omkostninger relateret til de enkelte hændelser

Der kan skelnes mellem tiltag, der kan anvendes på flere forskellige lokaliteter og dermed har effekt for en given type af problem og tiltag, der er specifik for en bestemt lokalitet. Dette giver mulighed for både at prioritere generelle tiltag og løsning af specifikke problemer.

For at lave de generelle tiltag, skal de effekter et givent tiltag har skaleres til nationalt niveau.

Beregningerne af effekter og omkostninger sker for det valgte beregningsår. Det skaber en ubalance i forholdet mellem omkostninger og benefits, hvis alle omkostninger til etablering af tiltaget lægges i det enkelte beregningsår. Nogle tiltag har længere holdbarhed og virkningsgrad end andre. Derfor skal der beregnes en omkostnings-annuitet ud fra en vurdering af levetiden for det vurderede tiltag.

Trin 4: Rangordning af klimatilpasningsaktiviteter

Sidste trin i prioriteringsmetoden er udvælgelsen af tiltag eller opstilling af en rangorden af de undersøgte alternativer/tiltag. For at opstille denne rangorden beregnes en 'Benefit/Cost rate' som forholdet mellem nettogevinsterne og de direkte udgifter til etablering af tiltaget. Derudover beregnes også den faktiske nettoværdi, som den absolutte forskel på de beregnede omkostninger og benefits.

I den opstillede rangordning medtages også en akkumuleret opgørelse af omkostningerne til etablering af et givent tiltag (netto-ændringen i omkostninger for den betalende myndighed), hvilket i sidste ende giver et overblik over, hvilke og hvor mange tiltag, der kan prioriteres.

Tabel 4. Oversigt over tiltag og deres effekter

Hvor	Tiltag	Benefit/Cost ratio	Nettegevinst	Omkostninger til tiltag (evt. akkumuleret)
Lokalitet 1 (eller evt. km vej af type X)	Beskrivelse af tiltag (forskellige typer) Alternativ A	Værdien udregnes	Benefits - omkostninger	
Lokalitet 1	Beskrivelse af tiltag (forskellige typer) Alternativ B			
Lokalitet 2	•			
•	•			

Konklusion

De store udfordringer ved at anvende metoden er at transformere generelle klimascenerier til konkrete effekter på vejnettet - og at fastlægge omfanget af usikkerhed omkring disse estimer. Principperne i samfundsøkonomisk analyse kan anvendes, men usikkerhed og risikofaktorer bør behandles meget eksplicit.