

Sammendrag:

# Samfunnsøkonomisk vurdering av vedlikeholdsstrategier, oppgradering og standardutforming i vegnettet

*Vedlikeholdet av samferdselsinfrastrukturen har vært forsømt. I denne rapporten anlegger vi et økonomisk synspunkt på vedlikeholdsproblemene. Vi har utviklet et verktøy til å finne beste vedlikeholdsstrategi når vegene i utgangspunktet er nedslitt i ulik grad, men må dele på et felles årlig budsjett. På det grunnlaget kan vi måle lønnsomheten av å øke vedlikeholdsbudsjettene.*

## Bakgrunn og oversikt

Det har blitt stadig klarere i de siste åra at det i lang tid har vært brukt for lite midler på vedlikehold av samferdselsinfrastrukturen i Norge. Det har ført til et vedlikeholdsetterslep som har påført brukerne av infrastrukturen unødig høye kostnader. Vedlikeholdsetterslepet på riksvegene har vært estimert til 11 milliarder kroner (SVV 2003). I tillegg er det et etterslep av tilsvarende størrelse på fylkesvegene (SVV 2005). Nylig har en serie av mindre hendelser med store konsekvenser for brukerne vist at det finnes et tilsvarende problem på jernbanen. Flere kortsiktige tiltak er iverksatt for å bøte på dette, samtidig som Jernbaneverket har foreslått å konsentrere mye mer av innsatsen i neste nasjonale transportplan om vedlikehold og rehabilitering.

Vi kan vel trygt anta at det er samfunnsøkonomisk lønnsomt å øke vedlikeholdsbudsjettene. Men hvor mye bør de økes med? Hva er egentlig det samfunnsøkonomisk riktige nivået på vedlikeholdet? I hvilken takt bør vi redusere vedlikeholdsetterslepet? Og hvilken standard bør vi tilstrebe på langt sikt for de ulike typene av infrastruktur, sett fra et samfunnsøkonomisk synspunkt?

I Samferdselsdepartementets program for overordnet transportforskning (POT) har TØI fått et prosjekt som skal utvikle *metoder* for å besvare disse spørsmålene. Vi har kalt prosjektet "Vedlikeholdsstrategier". Denne rapporten er sluttrapporten fra dette prosjektet. I kapittel 2 tar vi for oss prinsipper og utvikler formler som kan brukes til å karakterisere optimalt vedlikehold og vurdere vedlikeholdsstrategier under forenklede forutsetninger. Mange av de samme forenklede forutsetningene ligger også til grunn for våre formler for å vurdere størrelsen på vedlikeholdsetterslepet, gjøre nyttekostnadsanalyser av forbedring av vegstandard og finne det samfunnsøkonomisk riktige nivået på vegstandard.

I kapittel 3 løser vi på de forenklede forutsetningene – spesielt forutsetningen om at alle objektene i utgangspunkt er i den best mulige tilstand, og at det eneste

mulige tiltaket er å rehabilitere objektene til sin opprinnelige tilstand med jevne mellomrom. Det mer generelle problemet som da framkommer, er å finne en optimal rehabiliteringsstrategi når objektene har ulik initialtilstand, ulik nedbrytingsgrad osv., men må dele på felles årlige budsjetter. Dette problemet er grunnleggende ekstremt vanskelig. En formulering av problemet og en heuristisk algoritme for å løse det er gitt i Dahl og Minken (2008), og dette må regnes som hovedresultatet i vårt prosjekt. Algoritmen er inkludert i et dataprogram som er programmert for tilfellet med vedlikehold av vegdekker. Artikkelen viser at programmet finner gode løsninger og øvre og nedre grenser for den sanne optimale løsningen i løpet av få sekunder. Kapittel 3 forklarer prinsippene bak problemformuleringen og algoritmen, og gir et eksempel på en slik løsning.

Vi trenger å løse problemet med å finne optimale rehabiliteringsstrategier for å få et solid grunnlag for nyttekostnadsanalyse av å overføre mer midler til vedlikehold. For å kunne beregne nytten må vi nemlig vite hvordan midlene kommer til å bli brukt. Den mest fornuftige antakelsen om det er åpenbart å anta at midlene vil bli brukt på aller beste måte. Men når vi engang har en framgangsmåte for å løse rehabiliteringsproblemet, er vi også i stand til å besvare de andre spørsmålene i prosjektet, som den best mulige takten for å redusere et vedlikeholdsetterslep, nytten av å forbedre vegstandarden og hva som er den samfunnsøkonomisk riktige vegstandarden.

Med utgangspunkt i teoretisk sunne metoder, både under de forenklede forutsetningene i kapittel 2 og de mer generelle forutsetningene i kapittel 3, kan vi lettere se manglene i dagens praksis. Således har vi i kapittel 3 foretatt en vurdering av styrken og svakhetene ved optimeringsrutinene og nytteberegningsverktøyene i noen av de mest brukte kommersielle vedlikeholdsplanleggingsverktøyene, og i kapittel 2 identifiserer vi vilkårlige og økonomisk sett ubegrunnede forutsetninger bak beregningene av vedlikeholdsetterslepet på riks- og fylkesvegene.

Spesielt kritiserer vi "vegkapital"-tilnærmingen til vedlikeholdsplanlegging, både i kapittel 2 og i et eget kapittel, kapittel 4. Vi viser at et begrep om vegkapital som tar utgangspunkt i historiske anleggskostnader eller i gjenanskaffelseskostnaden, ikke er meningsfullt fra et økonomisk synspunkt. Den eneste fornuftige definisjonen av vegkapital er den prospektive, dvs. nåverdien av framtidig nytte av vegen, eller nåverdien av det framtidige tapet om den skulle bli stengt. Men, som våre formler viser, ikke engang vegkapital etter den prospektive definisjonen har noen rolle å spille når det gjelder å formulere optimale vedlikeholdsstrategier. En vedlikeholdsstrategi som sikter mot å opprettholde verdien av vegkapitalen vil tvert imot kunne føre helt galt avsted, uansett hvordan vegkapitalen er definert. Når det gjelder den kostnadsbaserte definisjonen av vegkapital, er det opplagt: Hvis vegen er en dårlig investering, vil det å knytte vedlikeholdsomfanget til investeringskostnaden være å kaste gode penger etter dårlige. Når det gjelder det prospektive vegkapitalbegrepet er tingene litt mer innviklet: I det tilfellet vil kapitalverdien være proporsjonal med trafikkmengden, mens trafikkmengden på sin side åpenbart har en nær forbindelse med hvor raskt vegen brytes ned. Men denne forbindelsen er ikke lineær. Dessuten vil den prospektive kapitalverdien avhenge av om det finnes gode alternative ruter som ikke brukes av trafikken på vår veg unntatt hvis vegen blir stengt. En vedlikeholdspolitik basert på den prospektive kapitalverdien vil derfor trolig innebære et for lavt vedlikeholdsnivå i områder med et tett vegnettverk.

På den andre sida viser kapittel 4 også at den prospektive kapitalverdien kan være en god indikator på sårbarheten av nettverket ved hendelser som medfører stengning av en veg (sjøl om det også finnes andre indikatorer). Den prospektive kapitalverdien kan derfor være en rettesnor for allokering av den typen av vedlikehold som kan forhindre at vegen stenges helt (som for eksempel snøbrøyting), eller for planlegging av oppryddingsinnsats i tilfelle av hendelser.

Resten av dette sammendraget vil dreie seg om å se litt nærmere på innholdet i kapittel 3, som framstiller hovedresultatet i prosjektet.

## Ny programvare for å finne optimale rehabiliteringsstrategier

Betrakt et sett av infrastrukture objekter som vil måtte dele på felles årlige vedlikeholdsbudsjetter. Nedbrytingstakten for objektene kan variere. Initialtilstandene kan være hva som helst mellom dårligst mulige og best mulige tilstand. Jo verre tilstand, desto større er brukerkostnadene. Myndighetene rår over en rekke mulige rehabiliteringstiltak med ulik intensitet og kostnad. En rehabiliteringsstrategi er en allokering av rehabiliteringstiltak til hvert av objektene i et visst antall år framover. Problemet er å finne en rehabiliteringsstrategi som minimerer summen av brukerkostnader og vedlikeholdskostnader gitt budsjettbetingelsene og eventuelle krav til sluttstanden for objektene.

Dersom dette problemet (anvendt på vegdekker) kan løses på en effektiv måte, vil et begrenset antall eksperimenter med ulike årlige budsjetter og andre parametere kunne gi oss nyttekostnadsbrøken ved å allokere mer midler til vegvedlikehold, den best mulige tidsprofilen på et løft for å ta inn et vedlikeholdsetterslep, samt den samfunnsøkonomisk beste vegstandarden på langt sikt for de ulike typene av veger.

Ingen praktiske strategiske vegvedlikeholdssystemer i bruk løser dette problemet riktig. Det finske HIPS er trolig det beste, ettersom det gir riktig løsning på problemet med å finne en optimal dekkerehabiliteringsstrategi for et sett av veger når det ikke finnes årlige budsjettrestriksjoner. Dessverre finns det alltid årlige budsjetter i praksis, og det er de som gjør problemet ekstremt vanskelig. Av den grunn tilbyr man ofte enkle, men uriktige metoder i stedet, i håp om at feilene man gjør, ikke skal ha vesentlig betydning. Noen få akademiske artikler løser versjoner av rehabiliteringsstrategiproblemet, men vi kjenner ikke til om de har vært anvendt i praksis.

I en artikkel i tidsskriftet *Computers & Operations Research* (Dahl and Minken 2008) studerer vi rehabiliteringsstrategiproblemet og modellerer det som et heltalls programmeringsproblem med underliggende struktur som i dynamisk programmering. En heuristisk algoritme med øvre og nedre grenser foreslås. Algoritmen er programmert opp for anvendelse på vegdekkevedlikehold og anvendt på det vi antok å være realistiske tilfeller med hensyn til nedbrytingsrater og kostnader. Resultatene er lovende og tyder på at modeller faktisk lar seg bruke til å finne optimale rehabiliteringsstrategier og gjøre nyttekostnadsanalyse av å endre vedlikeholdsbudsjettet.

Om modellen skal brukes i praksis trenger vi fremdeles å validere våre funksjoner og parametere. Vi tar gjerne imot innspill fra andre forskere og praktikere når det gjelder dette. Vi trenger også å teste ut programmet på et breiere sett av tilfeller. Dersom vi skal åpne for et friere valg av funksjonsformer og anvendelser på andre områder enn vegvedlikehold, trengs det litt ny programmering, og dette er noe vi håper å kunne gjøre i framtida.