

Fremkommelighed og serviceniveau for veje

Henning Sørensen

Vejdirektoratet

1. Baggrund

Det primære formål ved etablering af veje er at skabe fremkommelighed, dvs. at tilvejebringe forhold der gør at trafikanter kan bevæge sig fra ét sted til et andet. De vilkår der herved tilbydes trafikanterne, kan udtrykkes ved serviceniveau'et der er et kvalitativt mål for trafikafviklingen på vejen. Målet kan fx omfatte rejsehastighed eller rejsetid samt begreber som komfort, manøvrer mulighed og bekvemmelighed.

I Vejreglerådets og Vejdirektoratets forslag til vejregler for kapacitet og serviceniveau indgår anbefalinger til indikatorer for serviceniveau. For fri strækning er de anbefalede indikatorer belastningsgrad som komfortmål og middelrejsehastighed som fremkommelighedsmål. For kryds anvendes hovedsagelig middelforsinkelse som mål for serviceniveauet. Trods de anbefalede indikatorers store lighed med serviceniveaumålene i de tidligere vejregler, har der ligget mange overvejelser bag udvælgelsen. Der er også i forbindelse med vejregelforslaget skabt nye redskaber til at bestemme kapacitet og serviceniveau for nuværende eller planlagte veje.

Vejdirektoratet har i 2001 gennemført et projekt hvis formål var at kortlægge fremkommeligheden på alle statsveje. Anvendelse af indikatorer for serviceniveau er herved afprøvet, og der er opnået en række erfaringer.

Dette paper omtaler baggrunden for valg af indikatorer for fremkommelighed og serviceniveau, herunder forklares de valgte indikatorer og nogle alternativer. Endvidere vil kortlægningen af fremkommeligheden på statsvejnettet blive omtalt.

2. Indikatorer for fremkommelighed og serviceniveau

Valg af indikatorer for fremkommelighed og serviceniveau baseres på en vurdering af indikatorernes relevans, målbarhed, prognosticerbarhed og brugbarhed for vejanlæg. Der er i tabel 1 opstillet en række mulige kandidater for indikatorer sammen med en vurdering af indikatorerne. Nedenfor beskrives indikatorerne nærmere.

Indikator	Relevant for			Indikator f. fremk.	Gradue- rer trafik	Målbar- hed	Prognost barhed	Brugbart for		
	trafikan- t	vejbesty- relse	politikere /samfund					stræk- ning	kryds	by- genn.f.
Rejsehastighed	++	+	+	++	+	2	2	ja	ja	ja
Forsinkelse	++	++	+	++	+	2	2	ja	ja	ja
Variation af rejsetid	++	+	+	++	+	2	3	ja	ja	ja
Belastningsgrad	+	++	+	+	++	1	1	ja	ja	ja
Densitet	+	++		+	++	1	2	ja	nej	nej
%tid efterflg. ktj	++	+		+	++	2	3	ja 2-sp vej	nej	nej
Kørselsomkostn.	++	+	++	+	+	2	3	ja	ja	ja
Vej- og trafikforh	+	++	+			-	-	ja	ja	ja
Forklaring	blank: ikke relevant/dårligt +: relevant/nogenlunde ++: særdeles relevant/meget godt					1: relativ nemt, 2: vanskeligere, 3: meget vanskeligt				

Tabel 1. Vurdering af fremkommelighedsindikatorer

Rejsehastigheden er et meget direkte mål for fremkommelighed, og den giver et godt billede af forhold der skyldes vejtype, tilladt hastighed og tæthed af kryds med vigepligt for aktuelle retning eller signalregulerede kryds. Derimod afspejles ændringer i trafikbelastning dårligt i rejsehastigheden fordi variationer i trafikbelastning inden for selv store intervaller ofte kun giver mindre udslag i rejsehastighed indtil trafikbelastningen bliver tæt på vejanlæggets kapacitet (se fig. 1 på næste side). Ved kapacitetsgrænsen sker der til gengæld et voldsomt fald i rejsehastighed ved selv en lille trafikstigning. Rejsehastigheden er særdeles relevant for den enkelte trafikant og er ligeledes et relevant mål for vejbestyrelsen og har samfundsmæssig interesse. Det er vanskeligt direkte at måle en rejsehastighed over en strækning, og der må enten foretages kørselsmålinger (fx ved at følge efter andre trafikanter på vejen), nummer-skrivning med tidsregistrering, videodetektering eller tætliggende snitmålinger med spoler såfremt der ikke forekommer kryds med vigepligt eller signalregulerede kryds. En anden mulighed er at anvende modelberegninger på basis af aktuelle vej- og trafikdata. Ved brug af indikatoren til prognostisering må der på baggrund af en prognose for trafikken gøres brug af modelberegninger (jf. fig. 1) for de indgående vejelementer som strækningen består af. For strækninger afhænger den anvendte model af om der er tale om fri trafikafvikling eller overbelastning med køkørsel.

Forsinkelse er ligeledes et meget direkte mål for fremkommelighed. Der skal fastlægges en værdi for en rejsehastighed som findes acceptabel, og som der kan måles forsinkelse ud fra. Forsinkelsen er et særdeles relevant mål for den enkelte trafikant og ligeledes for vejbestyrel-

sen som får en direkte påpegnings af svagheder ved vejnettet som følge af vejens beskaffenhed eller som følge af trængsel. Med hensyn til måling, prognostisering og brugbarhed gælder de samme bemærkninger som for rejsehastigheden.

Rejsetidens variation har stor betydning for trafikanter fordi en uforudset forsinkelse typisk opfattes som værre end en forudset forsinkelse, og fordi trafikanter kan blive nødt til at tage højde for en længere rejsetid end den gennemsnitlige i deres planlægning. Ved definering af indikatoren skal der tages stilling til om rejsetidens variation skal måles som dag til dag variation for samme daglige spidstimer eller fx som rejsetidens gennemsnitlige variation over hverdage mellem kl. 6 og 18. Trafikinformatik kan medvirke til reduktion af usikkerhed om den aktuelle rejsetid, og derfor burde omfang og kvalitet af trafikinformatic på en måde krediteres den konstaterede variation af rejsetid. Variation af rejsetid kan måles ved kørsels- eller snitmålinger der omfatter de betragtede perioder. Prognostisering af en gennemsnitlig variation kræver beregning for trafik der repræsenterer det relevante spektrum af trafikbelastninger, og problemstillingen her svarer stort set til rejsehastigheden. Der vil imidlertid være store problemer med at beregne en fremtidig tilfældig (dag-til-dag) variation.

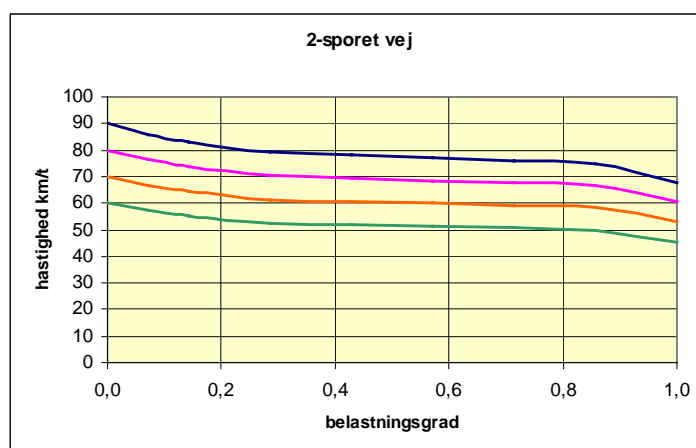


Fig. 1. Model for sammenhæng mellem belastningsgrad og strækningsmiddelshastighed for 2-sporet vej

Belastningsgrad er trafikintensitet divideret med kapacitet. Dette er ikke så direkte et mål for fremkommelighed som rejsehastighed og forsinkelse. Belastningsgrad er derimod en særdeles god indikator for trafikbelastning og vil derfor i god tid kunne advare om kapacitetsmangel med heraf følgende alvorlige fremkommelighedsproblemer. Belastningsgrad er ligeledes en god indikator for komfort forstået som frihed til selv at vælge hastighed, afstand til andre trafikanter o.lign. Belastningsgrad er en nyttig indikator for vejbestyrelser fordi kapacitetsudnyttelsen og dermed restkapaciteten direkte fremgår. På fig. 1 ses en modelmæssig sammenhæng mellem belastningsgrad og strækningsmiddelshastighed, som er vist i Vejregelforslag for kapacitet og serviceniveau, juli 1999. Belastningsgrad for strækninger måles eller fremskrives umiddelbart sammen med måling eller fremskrivning af trafik. Der er ligeledes ingen problemer hvis en fremskrevet trafik medfører overbelastning idet der blot anføres en belastnings-

grad over 100%. Konsekvensen af overbelastningen (dosering af nedstrøms trafik eller bortvisning af trafik) indgår dog ikke medmindre der foretages særlige analyser af dette. For bygennemfarer og kryds er prognostisering af belastningsgrad mere kompliceret. For bygennemfarer kan det være vanskeligt at beregne kapaciteten ligesom den krydsende trafik og dermed en prognose for denne spiller en rolle for kapaciteten i byggenemfartens hovedretning. For kryds afhænger kapaciteten af anlægsgeometri, opdeling i svingbaner og i det hele taget af en prognose for samtlige trafikstrømme.

Densitet er et udtryk for hvor mange biler en køresporskilometer rummer. Densitet foreslås i den amerikanske Highway Capacity Manual, HCM, som indikator for serviceniveau på motorveje. Denne indikator kunne i princippet også anvendes for 2-sporede veje, men den er ikke relevant for kryds og næppe heller for byggenemfarer. Med kendskab til densiteten fås en udmærket vurdering af vejens belastning i hele spektret, dvs. både ved ringe og stor belastning af vejen, og indikatoren er derfor særdeles anvendelig for vejbestyrelser. En særlig fordel ved densitet som indikator er at udslaget stiger stærkere når belastningen nærmer sig kapacitetsgrænsen, og over kapacitetsgrænsen fortsætter densiteten med at indikere de stadig dårligere forhold indtil bilerne holder stille kofanger ved kofanger. Fig. 2 viser eksempel på sammenhæng mellem trafikintensitet og densitet hvor de mere spredte punkter til højre i diagrammet indikerer ustabil trafikafvikling.

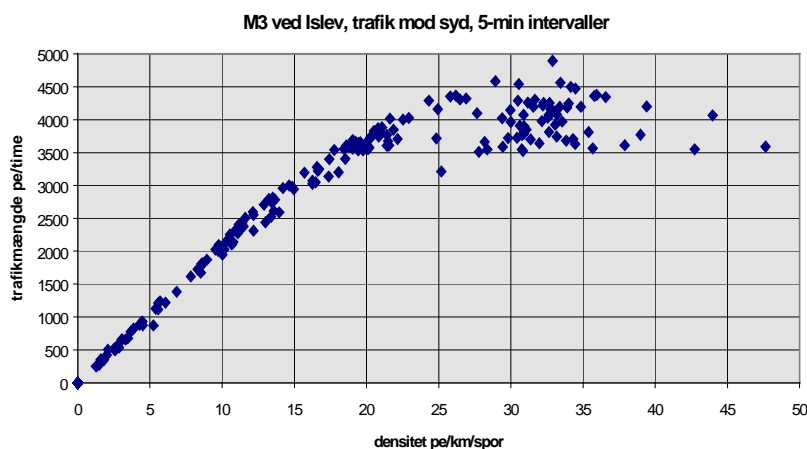


Fig. 2. Målte værdier af densitet og trafikintensitet

Densitet kan ikke måles direkte med mindre man foretager fotografering af vejen fra fly eller høje bygninger. Derimod kan densiteten d beregnes ud fra målbare parametre, trafikintensitet n og strækningsmiddelshastighed v : $d = n/v$. Man vil ofte for en vejtype konstatere en optimal densitet hvor vejen ekspederer flest mulige biler. Erfaring siger at denne er ca. 30 køretøjer pr. km pr. spor for en dansk 4-sporet motorvej. Til brug ved prognoser for trafikafvikling på fri stækning kan der for densitet opstilles en modelmæssig sammenhæng mellem en forventet trafik og densitet.

Andelen af tiden hvor en trafikant følger umiddelbart efter et andet køretøj anvendes i HCM som indikator for serviceniveau for 2-sporede veje. Denne indikator vil ikke være relevant for andre vejtyper, kryds eller bygennemfarer. Indikatoren må både betragtes som udtryk for komfort (manglende mulighed for selv at bestemme hastighed) og for fremkommelighed (kørsel med lavere hastighed end ønsket) og må derfor anses for yderst relevant for den enkelte trafikant. Indikatoren skal generelt set fastsættes ud fra kørselsmålinger, men kan i tilfælde med en lang ensartet strækning fastsættes ved snitmåling med udstyr der logger tidsafstande mellem køretøjer. Andelen af køretøjer følgende efter andre køretøjer vil for en given strækning være tæt knyttet til trafikintensiteten for trafik i pågældende og modsat retning, og den vil variere fra strækning til strækning afhængig af overhalingsmuligheder på strækningen. Hvis man skal prognosticere denne indikator, må man derfor have opstillet en model som ud fra retningsfordeling og et mål for overhalingsmulighed, giver sammenhæng mellem andel efterfølgende køretøjer og trafikintensitet. Fig. 3 viser eksempel på andelen af trafikanter der følger tæt efter et andet køretøj som funktion af trafikintensiteten.

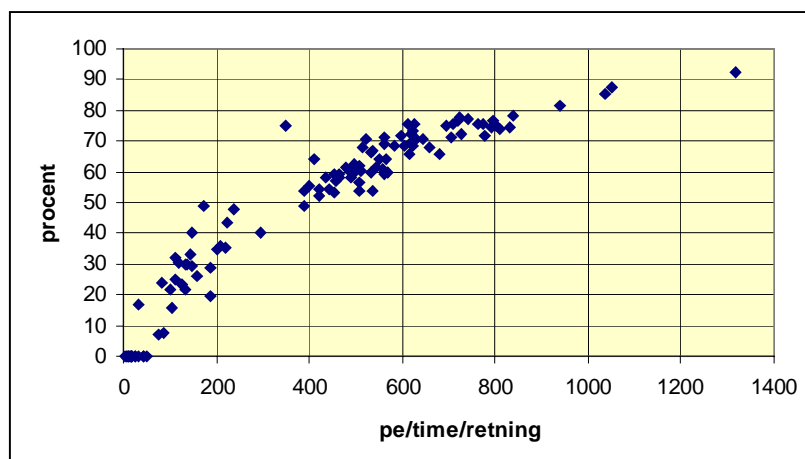


Fig. 3. Eksempel på målt andel trafikanter der på en 2-sporet vej kører tæt efter et andet køretøj som funktion af trafikintensiteten

Kørselsomkostninger vil typisk være en funktion af en række af ovennævnte indikatorer, fx rejsetid, hastighed, rejsetidens variation, og indirekte også af belastningsgrad og densitet der er afgørende for hastighedsniveauet og hvor ofte der må foretages hastighedstilpasninger (bremsning og efterfølgende acceleration). De største bidrag til kørselsomkostninger for den enkelte trafikant anses at være rejsetiden og dennes forudsigelighed. For de mere "tekniske" kørselsomkostninger, som slid på køretøj og brændstofforbrug, kræver det særlige analyser at fastsætte omfanget af hastighedstilpasninger og heraf følgende brændstofforbrug og slid på motor og bremses. Indikatoren er relevant for såvel den enkelte trafikant som for samfundet som helhed.

Andre vej- og trafikforhold som vurderes at have effekt på fremkommelighed og kørselsforhold, kunne i stedet for – eller fx til supplement til ovennævnte indikatorer – anvendes som

indikatorer. Disse forhold er fx antal og type af kryds, strækningsslængde for byggenemfarer, tilladt hastighed, vejtype, kurvethed i horisontalplanet eller i længdeprofil, andel af store køretøjer, omfang af let trafik og ligeledes mere subjektive konstateringer om punkter og strækninger med dårlig fremkommelighed i form af kødannelse og forsinkelser. De forskellige indikatorer kunne illustreres hver for sig. En anden mulighed er at vigtigheden af de enkelte indikatorer vurderes, og en samlet bedømmelse af et vejafsnit baseres på karaktergivning og vægtning af de enkelte indikatorer. Et sådant mål kunne være særdeles relevant for vejbestyrelsers vurdering af strækninger.

3. Valg af indikatorer til serviceniveau

Som det fremgår af afsnit 2, er der ingen indikator som alene er ideel på alle punkter. Ved at vælge to indikatorer kan disse supplere hinanden således at der samlet opnås et hensigtsmæssigt mål for vilkårene for trafikafviklingen. Ved valg af indikatorer for serviceniveau i det danske vejregelforslag fra 1999 blev det for strækninger besluttet at anvende de to indikatorer,

- rejsehastighed som en primær fremkommelighedsindikator, og
- belastningsgrad som en komfort eller trængselsindikator hvor ændringer i trafikbelastning nøje kan følges.

Herved er både opnået en meget direkte indikation for fremkommelighed og en hensigtsmæssig graduering af trafik der kan anvendes for både strækninger og kryds. For kryds anvendes primært middelforsinkelsen for de enkelte trafikstrømme plus eventuelt 5%-fraktilen for kølængde og belastningsgraden for tilfarterne.

Der er således ikke tale om nyskabelse i det danske vejregelforslag i forhold til tidligere idet disse indikatorer er de samme som i de hidtidige vejregler. De tidligere anvendte bogstavbetegnelser A-F for intervaller af serviceniveau er dog udeladt i det nye vejregelforslag.

Ved arbejde med trafikteknik i Danmark skelnes ofte til den amerikanske Highway Capacity Manual, HCM 2000. Heri foreslås følgende indikatorer for serviceniveau:

- densitet og middelhastighed for personbiler for motorveje,
- den procentvise del af tiden man følger efter et andet køretøj samt middelhastighed for 2-sporede veje,
- middelforsinkelse for kryds.

I HCM 2000 anvendes bogstavbetegnelserne A-F. Som det ses, har vi ikke i vejregelforslaget fra 1999 kopieret HCM2000-målene selv om vi allerede i 1998 og -99 havde formodning om valget af serviceniveau-mål i den nye HCM.

4. Fremkommelighedsscreening af statsvejnettet

Der er i 2001 foretaget en screening af fremkommeligheden på statsvejnettet. Screeningen er dels foretaget ved modelberegning og dels som interviews af lokalkendte. I modelberegningen blev der anvendt data fra VIS, vejsektorens informationssystem, og fra TRIM-målinger i Hovedstadsområdet.



Fig. 4. Antal timer i år 2000 med belastningsgrad større end 70%

Til modelberegningen har belastningsgrad som indikator kunnet anvendes for langt de fleste strækninger. Der blev herved beregnet hvor mange timer pr. år belastningsgraden er over 70%. En belastningsgrad på 70% for en hel time blev betragtet som overgangen til forhold hvor trafikanternes manøvre frihed m.h.t. hastighedsvalg og skift af kørespor bliver mærkbart reduceret i forhold til situationer med lavere trafikbelastning. Ved stigende trafikmængde op mod kapacitetsgrænsen vil disse tendenser forøges indtil kødannelse og trafiksammenbrud optræder. Resultatet af beregningen ses på fig. 4.

Med hensyn til rejsehastighedsindikatoren har det for motorvejsnettet i Hovedstadsområdet været muligt at estimere en middelstrækningshastighed på basis af måling i tætliggende snit. På dette grundlag er der udarbejdet en afbildning af antal minutter pr. hverdag med hastighed under 40 km/t, se fig. 5.



Fig. 5. Gen gennemsnitligt antal minutter pr. hverdag i 2000 på TRIM-nettet i Hovedstadsområdet hvor hastigheden har været under 40 km/t

For de øvrige strækninger og kryds er det ikke muligt at angive en middelhastighed, bortset fra enkelte lokaliteter hvor der foretages hastighedsmåling eller ved modelberegning hvilket ikke er foretaget ved screeningen.

Til supplerende af de maskinelt beregnede indikatorer er der ved screeningen i princippet gjort anvendelse af indikatoren, vej- og trafikforhold, der er vist nederst i tabel 1. Denne indikator der er mere løst defineret end de øvrige, er her anvendt til at opsamle mere subjektiv information om trængsel og fremkommelighedsproblemer, dels for at få belyst fremkommeligheden de steder hvor den maskinelle beregning ikke har kunnet anvendes, og dels for at få underbygget eller eventuelt afkræftet de fremkommelighedsproblemer som den maskinelle beregning har udpeget.

På basis af et standard interview-skema er lokalkendte interviewet om konstaterede problemer for fremkommelighed. De lokalkendte er Vejdirektoratets distriktskontorer og Vejdirektoratets planlægningsafdeling. De herved indhentede oplysninger omfatter:

- Stedfæstelse
- Problemtypen (fremkommelighedsproblem i F-/T-kryds, rundkørsel, strækning med kryds, flettestrækning, fri strækning, skærende vej i forhold til den betragtede vej, brooplukning, diverse)

- Problemsammenfatning
- Trafik
- Vejbeskrivelse
- Problembeskrivelse
- Planstatus

I de fleste tilfælde underbyggede interviewundersøgelsen modelberegningen hvor denne har kunnet gennemføres. Der er dog forekommet tilfælde hvor interviewundersøgelsen afdækkede andre problemer (typisk i tilfælde med tætliggende ramper på motorveje hvilket har givet anledning til atypisk og dårlig trafikafvikling hvilket der ikke tages højde for i modellen) og tilfælde hvor interviewundersøgelsen har "afdramatiseret" de ved modellen fundne problemstrækninger.

Ved fremkommelighedsscreeningen blev en række strækninger og lokaliteter med fremkommelighedsproblemer udpeget hvilket har givet grundlag for opfølgende målinger og vurderinger. Endvidere resulterede screeningen i opbygning af en fremkommelighedsdatabase over strækninger og kryds med fremkommelighedsproblemer. Kortlægningen har givet Vejdirektoratet mulighed for på oversigtlig vis at dokumentere vilkårene for trafikafvikling og fremkommelighed på statsvejnettet.

Referencer

1. Vejregler, hæfte 4.30.01 Trafikteknik, Vej- og stityper, Vejdirektoratet, Vejregeludvalget, maj 1981
2. Vejregelforslag, Trafikteknik, kapacitet og serviceniveau, Vejdirektoratet – Vejregelrådet, juli 1999
3. Highway Capacity Manual, Transportation Research Board, Washington DC, 2000