

Konvertering af nødspor til kørespor for anvendelse under spidsbelastning

*Lektor Peder Jensen og Stud. Polyt. Kasper Lidén Kjørbo
Center for Trafik- og Transportforskning, DTU*

Abstract

Udbygningen af vejnettet holder ikke altid trit med trafikudviklingen. Derfor vokser problemerne med trafikafviklingen i såvel Danmark som en lang række lande omkring os. Dette har ledt til overvejelser om billige alternativer til udbygning af vejnettet, herunder hvilken rolle trafikinformatikken kunne spille i i denne sammenhæng. Fra udlandet kendes eksempler på inddragelse af nødspor til kørespor for anvendelse under spidsbelastning. For at afhjælpe sikkerhedsmæssige problemer ved den valgte løsning er strækningerne udstyret med overvågnings og signaleringssystemer, således at nødsporet kan reetableres dynamisk når behovet opstår. Disse erfaringer overføres til Danmark via en modelberegning for Motorringvejen omkring København, og det vises at investeringen kan tjenes ind på omkring 2 år sammenlignet med en udbygning.

Indledning

Vejtrafikken er gennem de seneste 15 år steget kraftigt. På motorvejene har der været en særlig stor stigning. Den gennemsnitlige årsdøgnstrafik på motorvejene er således vokset fra 13.600 køretøjer i 1980 til 24.200 køretøjer i 1994.

Specielt i morgenmyldretiden på motorvejene omkring København har stigningen medført meget store vanskeligheder med afvikling af trafikken. I dette tidsrum overstiger trafikefterspørgslen kapaciteten på mange strækninger. Trafikanterne mærker dette i form af kraftig reduceret rejsehastighed, ofte på 20-40 km/t.

Det er ofte omkring rampetilslutningerne, at problemerne er synlige. Høj trafikintensitet på motorvejen, samt indkørende trafik fra rampen overskrider tilsammen motorvejens kapacitet, hvilket uvægerligt medfører kø bagud på motorvejen. Det er ikke kun trafikanter i motorvejens højre spor, der påvirkes af indkørende trafik ved ramperne, hvis trafikken glider bedre i venstre spor vil nogle trafikanter skifte fra højre til venstre spor, indtil der igen er ligevægt, hvad hastigheden angår. Kapacitetsproblemerne ses derfor ofte i begge spor samtidig.

Trafikken på Motorringvejene omkring København (M3) oplever dagligt kødannelser, med heraf væsentlig forhøjet risiko for uheld, øget miljøbelastning, mv. Der har i flere omgange været tale om at udbygge M3 til 6 spor, som det er sket for Helsingørmotorvejen. Men en afgørelse er blevet udskudt. Med den stigende trafik er der imidlertid behov for en eller anden form for afhjælpning af problemerne på motorvejene omkring København. Bl.a. har Københavns Amt netop peget på M3 som et meget højt prioriteret projekt.

Tilsvarende overvejelser har i andre lande ført til overvejelse om og forsøg med inddragelse af nødspor til kørespor i spidsbelastningsperioder. Dette er også sket i Danmark, om end i meget begrænset omfang idet nødsporet på enkelte korte strækninger af M3 er inddraget til forlængelse af tilfartsramper således at de som kørespor føres igennem til næste frafart.

Udenlandske erfaringer

Flere steder i verden forskes der i konvertering af nødsporet på motorveje til kørespor. Blandt lande kan nævnes Holland og Tyskland, vis forskningsresultater præsenteres i dette kapitel. Herudover kan nævnes, at systemet tillige benyttes i USA (I-66 ved Washington DC) og det overvejes indført i Schweiz.

Hollandsk pilotprojekt på A28 ved Utrecht

Som følge af eksplosiv vækst i brugen af det hollandske motorvejsnet på omkring 20 % over en 5 års periode, samt en forøgelse i trafikale sammenbrud på 50 % i samme periode, besluttede den hollandske regering at igangsætte en række pilotprojekter. Formålet med pilotprojekterne var, at tilvejebringe en løsning på kapacitetsproblemerne i motorvejsnettet uden at udvide vejene. Ved inddragelse af nødsporet på strækninger, der fremstod som lokale flaskehalse, kunne en kapacitetsforøgelse forventes. De strækninger, der kunne komme i betragtning, skulle opfylde følgende betingelser:

- Inddragelsen af nødsporet skulle ses som en midlertidig løsning, og kunne kun udføres på strækninger, der allerede var i betragtning mht. til anlægsmæssige ændringer.
- Der måtte ikke tiltrækkes yderligere trafik pga. kapacitetsforøgelsen, hvorfor nødsporet kun måtte benyttes som kørespor i en begrænset periode af døgnet.
- Kapacitetsforøgelsen måtte ikke betyde en forskydning af flaskehalsen og dermed kapacitetsproblemet andetsteds på strækningen.
- Sikkerheden måtte ikke forringes, hvorfor der skulle være permanent overvågning, blandt andet i form af videokameraer.

Det første pilotprojekt, omhandlende inddragelse af nødsporet, blev realiseret i 1996 på en 4 km lang strækning på A28 motorvejen mellem tilkørslen Den Dolder til den næste frakørsel ved Uithof.

Over kørebanerne opstilles store signalskilte, der viser hvornår nødsporet må benyttes. Et rødt kryds over nødsporet indikerer, at det ekstra kørespor er lukket uden for myldretiden og dermed forbudt at benytte. Afgrænsningen af nødsporet sker vha. tættere afstribning mellem nødspor og kørespor. For hver 800 meter er specielle tilflugtlommer anlagt, som kan benyttes både i og udenfor myldretiden. Åbningen og lukningen af nødsporet, samt uheldsovervågning administreres af et kontrolcenter i Utrecht. CCTV-kameraer benyttes til overvågning, og for hver 150 meter er hastighedsdetektorer installeret i vejen. Når den målte hastighed falder til under 35 km/t bliver kontrolcentret advaret, og kan et uheld identificeres, lukkes nødsporet øjeblikkeligt. Et redningskøretøj, som står standby tæt på strækningen, kan kontaktes i tilfælde af køretøjsnedbrud. Desuden har kontrolcentret mulighed for at åbne for kørsel i nødsporet uden for myldretiden i tilfælde af ekstreme trafikmængder.

Pilotprojektet havde følgende indflydelse på trafikken.

- Inddragelsen af nødsporet på A28 betød en forøgelse i kapaciteten på mindst 20 %. (Strækningen var i forvejen med to spor og forøgelsen svarer således til 40% af en normal banes kapacitet)
- Fremkommelighedsproblemerne blev reduceret og rejsetiderne forbedret (-10 %).
- Nødsporet blev benyttet af 22 % af trafikken, hvilket er sammenligneligt med de yderste spor på en 3-spors motorvej.
- Hastigheden blev forøget (15 %) og variationen i hastigheden blev reduceret (-30 %).

- Morgenmyldretiden blev fremskudt 10 min.
- Tiltrækningen af yderligere trafik var minimal (1 % dagligt).
- Der var en marginal ændring i rutevalg. Ingen modalsplit kunne observeres.

Der er knyttet en vis usikkerhed til de sidste to punkter, da der kun blev ført kontrol hermed i et halvt år efter åbningen af nødsporet.

Offentlighedens mening, med hensyn til brugen af nødsporet, blev tilvejebragt ved hjælp af spørgeskemaer og interviews. Undersøgelsen viste, at 92 % af de 2670 spurgte trafikanterne følte, at sikkerheden ikke blev forringet. 16 % af trafikanterne på A28 kendte ikke den korrekte procedure i tilfælde af nedbrud (tilflugtslommerne skal benyttes). Halvdelen af i alt 12 førere til strandede køretøjer var utilfredse med de manglende nødspor. 278 adspurgte husstande, der har A28 som nabo, var overvejende positivt indstillet overfor projektet. Dog var flere bekymrede for udrykningskøretøjers adgang, i tilfælde af større uheld.

På trods af den positive offentlige mening overfor trafiksikkerheden på strækningen, viste det sig at være vanskeligt, at finde stærke beviser på at sikkerheden vitterligt ikke blev forringet. På den anden side steg hverken det samlede antal af uheld eller antallet af alvorlige uheld.

Evalueringen af projektet pointerer, at den øgede overvågning ikke med vished kan kompensere for et manglende nødspor. Selvom der i forsøgsperioden ikke indtraf seriøse sikkerhedsmæssige problemer, bør undersøgelser vedrørende bedre detektering af uheld igangsættes.

Tyske erfaringer

Et tysk forskningsprogram har siden 1992 indsamlet en lang række data fra ca. 900 motorvejstrækninger. Strækningerne blev inddelt i to grupper, strækninger med og uden nødspor. Det indsamlede datamateriale kan i grove træk inddeles i fem kategorier:

- Uheldsdata
- Transportdata (trafikmængder, trafiksammensætning mm.)
- Trafikdata (hastighedsbegrænsninger, vejarbejde, overhalingsforbud mm.)
- Design- og konstruktionsdata (tilstedeværelsen af nødspor, vejens tracé mm.)
- Beliggenhedsdata (by/land, vejadministrator mm.)

Forskningsprojektets formål var, at finde og kvantificere statistisk signifikante sammenhænge mellem uheldsdata og vejdata for en given strækning. Et meget stort statistisk arbejde førte blandt andet til nedenstående konklusion.

Tilstedeværelsen af nødspor har stor betydning for trafiksikkerheden på motorveje, hvorfor inddragelse af nødspor ikke er tilrådeligt. Hvis nødsporet alligevel inddrages, for eksempel for at forøge kapaciteten på en strækning, bør der opsættes forbud mod overhalende tunge køretøjer, samt indførelse af hastighedsbegrænsninger. Herved er det, under visse forhold muligt, at inddrage nødsporet og undgå en forringelse af sikkerheden. Strækningen bør således være kort, blive benyttet primært af regionalt trafik og have en lav procent af tung trafik.

Sammenfatning af udenlandske erfaringer

Som det fremgår af ovenstående, er der mulighed for kapacitetsforøgelse på motorvejsstrækninger under visse forudsætninger. Begge forskningsprojekter peger på, at inddragelsen af nødsporet er en midlertidig løsning og kun bør udføres på korte strækninger. Endvidere anbefales forbud mod

overhalende tunge køretøjer, indførelse af hastighedsbegrænsninger, samt at konverteringen til kørespor så vidt muligt kun foregår i de perioder af døgnet, hvor en kapacitetsforøgelse er nødvendig. De udenlandske undersøgelser indikerer, at der ikke sker en forringelse i sikkerheden i de perioder nødsporet benyttes som kørespor. Den hollandske undersøgelse viste desuden en forøgelse i kapaciteten på mindst 20 %, en hastighedsforøgelse på 15 % og en reduktion i rejsetiden på 10 %.

Det skal samtidigt understreges, at resultaterne stammer fra kun to forskningsprojekter, som begge anbefaler flere og længerevarende undersøgelser af konsekvenserne ved inddragelse af nødsporet. Specielt anbefales yderligere forskning indenfor detektering af uheld, samt deciderede uheldsanalyser over en længere periode.

Modellering af M3 med inddraget nødspor

Analysen tager udgangspunkt i en konkret motorvejsstrækning, M3 fra Jægersborgvej til Jyllingevej. Analysen koncentrerer omkring trafiksituationen i sydlig retning og fremkommelighedsproblemerne er modelleret vha. trafikmodel værktøjet *FREQ*. Kapacitetsændringer på strækningen, som følge af konvertering af nødspor til kørespor, er modelleret ud fra hollandske erfaringer, samt standard beregningsformler fra de danske vejregler, og sammenholdt med trafikudviklingen frem til år 2005 og 2010.

Forholdene i nordgående retning er inspiceret og frembyder ikke umiddelbart større udfordringer end den sydgående. Det antages derfor at en modellering af disse forhold vil give et tilsvarende resultat. Tilsvarende er strækningen syd for Jyllingevej ikke modelleret, men fremstår med mindre problemer og bredere profil som en forholdsvis ukompliceret strækning.

Strækning

M3 er en af de mest komplekse motorvejsstrækninger i Danmark. Ramperne er placeret med ned til 500 meters afstand, og der er flere ganske komplicerede udfletninger, specielt ”trekløveret” ved Hillerødmotorvejen. Den modellerede strækning er ca. 13 kilometer. På en strækning af ca. 1 km (Lyngby Omfartsvej til Buddingevej) er nødsporet allerede inddraget til kørespor, uden nogen form for overvågning.

Inddragelse af nødsporet sker primært mellem til- og frafarter, og kun undtagelsesvis ved broer (fra frafart til tilfart). På strækningen vil der således blive inddraget i alt 7 km nødspor. Bredden er noget varierende. På de smalleste steder er nødsporet kun godt 2 meter. De fleste steder er der dog betydeligt mere plads.

FREQ

FREQ er en amerikansk trafikmodel oprindeligt udviklet af Institute of Transportation Studies ved University of California at Berkeley i 1968, som værktøj til vurdering af trafikale konsekvenser ved udbedringer af ca. 220 km eksisterende motorvejsnet omkring San Francisco Bay. Modellen er specielt velegnet til at simulere øjeblikkelige køsituationer, samt fremskrivninger af disse.

Scenarier

På nuværende tidspunkt kan trafikforholdene på M3 i myldretiden beskrives ved serviceniveau F, dvs. der forekommer en ustabil trafikafvikling og køkørsel med forekomst af trafiksammenbrud. Alligevel er det interessant at fremskrive trafikmængderne og hermed analysere udviklingen i fremkommelighedsproblemerne for år 2005 henholdsvis år 2010. Samtidig haves et sammenligningsgrundlag for tiltag til forbedring af trafikforholdene i samme periode.

Den traditionelle løsning på problemet er, at udvide hele strækningen med et ekstra kørespor. Det er en bekostelig affære både økonomisk og tidsmæssig. Desuden vil kapaciteten på strækningen, i forhold til den nuværende situation, reduceres i anlægsperioden, og dermed bidrage yderligere til fremkommelighedsproblemerne.

En anden løsning, er konvertering af nødspor til kørespor. Denne form for kapacitetsforøgelse er fortrinsvis en kortsigtet løsning, og må forventes efter en årrække, at blive afløst af en egentlig udvidelse. Ikke desto mindre kan løsningen anvendes, da anlægsarbejdet vedrørende omlægning af nødspor til kørespor langt fra er ligeså omfattende, som en fuld udvidelse af strækningen. Den relativt korte periode til vejarbejde betyder minimal forringelse af trafikforholdene på strækningen.

Med de tidligere omtalte hollandske erfaringer in mente, kan kapaciteten på strækningen forøges med *mindst* 20 % for en 2-sporet strækning, ved inddragelse af nødspor til kørespor. Det svarer til 40% af kapaciteten af et spor. De 40% er således at opfatte som en konservativ vurdering af forbedringen. Beregnes kapacitetsforøgelsen med standard formler fra de danske vejregler om sammenhæng mellem køresporsbredde, lastbilprocent og kapacitet, kan en kapacitetsforøgelse forventes at udgøre 70% af kapaciteten af et spor. Idet den gennemsnitlige kapacitetsforøgelse er 55%, som benyttes til følsomhedsanalyse, kan ovenstående sammenfattes i 4 scenarier:

1. Ingen kapacitetsudvidelse
2. 40% normal kørespors kapacitetsudvidelse
3. 55% normal kørespors kapacitetsudvidelse
4. 70% normal kørespors kapacitetsudvidelse

Principielt findes tillige et femte scenario, hvor vejen udvides og der opnås en stigning på 100% normal kørespors kapacitetsudvidelse.

Fremskrivning af trafikken sker med udgangspunkt i tal fra Vejdirektoratet (rapport 164) og er en stigning på 1,8% per år i hele perioden. Der tages ikke hensyn til eventuelle omlejringer af trafikken som følge af ændrede kapacitets og afviklingsforhold.

Modelresultater

FREQ modellen af M3 er kalibreret ind i forhold til trafikniveauet for september 1998. Kørsler med programmet genererer en grafisk repræsentation af udbredelse af køer på såvel ramper som på selve motorvejen. Desuden beregnes den samlede forsinkelse i køretøjstimer for den modellerede periode og strækning. Modelleringen dækker tidsrummet 6-10 og strækningen fra Jægersborgvej til Jyllingevej i sydgående retning.

	1998	2005	2010
0%	500	1000	1400
40%	10	300	650
55%	10	150	400
70%	10	125	325
100%	0	0	0

Tabel 1 - Forsinkelse i køretøjstimer

Det ses at forsinkelsen på strækningen udgør 500 køretøjstimer i udgangssituationen og at denne forsinkelse vil vokse drastisk i årene fremover, såfremt der ikke gøres noget. I virkeligheden vil der formentlig ske en væsentlig omlejring til andre lavere klassificerede strækninger, med deraf følgende negative indvirkning på sikkerheden på disse strækninger.

Under forudsætning af at hollandske erfaringer kan overføres direkte vil køproblemerne stort set forsvinde ved inddragelse af nødsporet til kørespor. Problemerne vil så vokse og i ca. 2008 nå samme niveau som i dag. Bruges vejreglernes kapacitetsforudsætninger vil problemerne først nå dagens niveau på den anden side af 2010.

Resultatet indikerer at der selv med pessimistiske forventninger til kapacitetsforøgelsen vil ske en væsentlig forbedring af trafikafviklingen på M3.

Samfundsøkonomisk vurdering

Nyanlæg eller udvidelser af motorvejsanlæg er en bekostelig affære, specielt for en strækning der bevæger sig gennem et byområde, og hvor mængden af komplicerede krydsninger er stor. Et skøn over de økonomiske omkostninger, forbundet med udvidelse af M3 med et ekstra kørespor i hver retning, beløber sig til 500 mill. kr. Dette tal er primært baseret på erfaringerne fra udbygningen af Helsingørmotorvejen. Såfremt udbygningen fortsættes til Sydmotorvejen sættes prisen til 750 mill. kr.

Inddragelse af nødsporet vil efter hollandsk forbillede kræve udstyr til detektering af langsomt kørende eller standsede køretøjer, video overvågningsudstyr, signalleringsudstyr, samt en udrykningstjeneste. Baseret på erfaringer fra planlægningen af TRIM systemet på M3 (den del der ikke er blevet gennemført) vurderes udgifterne til at være 3 mill. kr. per km (for begge retninger). Hertil kommer udgifter til forbedring af belægning, drift af overvågning, udrykning samt almindelig teknisk drift af systemerne:

Telematik: 3 mill. kr. pr. kilometer.

Belægning: 2 mill. kr. pr. kilometer.

Overvågning: 2 mill. kr. pr. år.

Udrykning: 2 mill. kr. pr. år.

Alm. drift: 10%

I sammenligningen er inddraget en forlængelse af nødspors alternativet frem til Sydmotorvejen med den begrundelse at en forbedring på den nordlige del potentielt medfører en forskydning af flaskehalse til en sydligere del af M3. Strækningen er ganske ukompliceret.

Herved fås:

	Udbygning til 6 spor	Inddragelse af nødspor og etablering af overvågning	
	Anlæg	Anlæg	Drift
Nordlig del (7 km)	500 mill. kr.	35 mill. kr.	7,5 mill. kr. pr. år.
Sydlig del (5 km)	250 mill. kr.	25 mill. kr.	4,5 mill. kr. pr. år.*
Total	750 mill. kr.	60 mill. kr.	12 mill. kr. pr. år
Årlig forrentning	52,5 mill. kr.		
Tilbagebetalingstid			1,5 år

*Prisen for overvågning inddrages i driftsbeløbet for den nordlige del, og øges ikke væsentligt af at strækningen forlænges.

Ved sammenligning skal der ses på værdien af en udskydelse af en investering i en udbygning af M3. Med en diskonteringsrente på 7% vil værdien 52,5 mill. kr. pr. år. Sammenholdes dette med samlede anlægsudgifter for nødsporsløsningen på 60 mill. kr. samt årlige driftsudgifter på 12 mill. kr. ses at løsningen vil være tjent ind i løbet af ca. 1½ år.

Diskussion

De danske motorveje er stort set alle anlagt med nødspor, hvis primære formål er, at give nødstedte trafikanter mulighed for at komme i sikkerhed, samt sikre et homogent flow i trafikken, selv i tilfælde af uheld eller køretøjsnedbrud. Det er derfor naturligt at de væsentligste indvendinger mod nødsporsløsningen er af sikkerhedsmæssig karakter. Imidlertid antyder såvel de hollandske som de tyske undersøgelser at der er mulighed for at opnå et nogenlunde tilsvarende sikkerhedsniveau vha. overvågning af trafikken for om nødvendigt at reetablere nødsporet i de situationer hvor dette måtte være påkrævet. Et nøjere studie af hændelser på vejnettet ville kunne medvirke til at opnå større sikkerhed på dette område.

De tyske anbefalinger vedrørende hastighedsbegrænsninger, overhalingsforbud for tung trafik og kort strækning, kan sagtens opfyldes på denne udvalgte strækning af M3. Det kan overvejes om sådanne restriktioner kun skal være gældende i myldretiden. I så fald bliver der behov for en noget dyrere telematik løsning da der skal opsættes en del ekstra variable tavler. Endvidere opfyldes anbefalingen om en kort strækning, som primært benyttes af regionalt trafik og har en lav procent af tung trafik.

Nødspor i Danmark er ikke dimensioneret til egentlig kørsel. Nødsporene i Holland har samme sikkerhedsmæssige formål, men til forskel fra de danske nødspor er disse egnet til kørsel, pga. samme konstruktion som de egentlige kørebaner. Derfor er der en større udgift forbundet med konvertering af nødspor i Danmark, hvor belægningen må forstærkes. Der er i nærværende projekt ikke gennemført en detailanalyse af tilstanden af de eksisterende nødspor, og der er derfor nogen usikkerhed om udgiften til forstærkning af de eksisterende nødspor. Det vil derfor være på sin plads at gennemføre en nøjere analyse af dette aspekt forud for en beslutning om gennemførsel af projektet.

I den samfundsøkonomiske sammenligning er der kun taget hensyn til anlæg og drift af telematik udstyr. Ved valg af en nødspors løsning kan den daglige forsinkelse forholdsvis hurtigt reduceres væsentligt, hvorved opnås en væsentlig samfundsøkonomisk besparelse, som ikke er medtaget i beregningerne. Denne vil selvsagt blive større hvis vejen udbygges, men vil til gengæld være længere om at blive opnået, da en udbygning vil tage en længere årrække.

Konklusion og anbefaling

Der er et stort ønske blandt billister om en forøgelse af kapaciteten på det danske vejnet. Nødspor rummer en kapacitets ressource som vil være lang billigere at anvende end en udbygning. Med moderne teknologi ser det ud til at denne ressource kan inddrages uden at det får signifikante sikkerhedsmæssige konsekvenser.

Der bør derfor foretages en grundig undersøgelse af mulighederne for etablering af sådanne ”myldretidsbaner” på hårdt belastede motorvejsstrækninger.

Analysen bør rumme:

- en grundig og omfattende gennemgang af alt tilgængeligt materiale om forsøg i andre lande;
- en skitse-mæssig projektering af et nødsporsanlæg;
- en mere detaljeret modellering af trafikforholdene, der tager hensyn til og baseres på detaljerede oplysninger om vejgeometri, variation i trafikefterspørgsel, etc;
- en vejteknisk gennemgang af strækningen med henblik på dimensionering af forstærkning af bærelag i nødsporene;
- en gennemregning af andre konsekvenser end de rent anlægs- og driftsøkonomiske;
- en opsummering med henblik på eventuel anbefaling af et pilotprojekt.

Referencer

- 1 Dimistris A. Scapinakis, Lannon Leiman, Mourad Bouaoina, Adolf D. May og Barbara K. Ostrom, *Demand Estimation, Benefit Assessment, and Evaluation of On-Freeway High Occupancy Vehicle Lanes*, Research Report chapter 4-13 for use with the FREQ10 Model, University of California at Berkeley, Institute of Transportation Studies, 1991.
- 2 *Application and effects of two dynamic motorway traffic management measures in the Netherlands*, 9th Road transport information and control, Conference Publication no. 454, Institution of Electrical Engineers, London, side 165.
- 3 Dirk Heidemann, Markus Bäumer, Ralf Hamacher og Heinz Hautzinger, *Standstreifen und Verkehrssicherheit auf BAB – Statistische Analyse*, Berichte der Bundesanstalt für Strassenwesen, Institut für angewandte Verkehrs- und Tourismusforschung e.V. Heilbronn, Heft V 55, 1998.
- 4 Flemming Clausen, *Fremskrivning af vejtrafikken 1997-2016*, Vejdirektoratet, Rapport nr. 164, 1998.