

Trængsel og komfort

Morten Klintø Hansen, COWI A/S, mkh@cowi.dk

Michael Knørr Skov, COWI A/S, mks@cowi.dk

Baggrund og formål

Trængsels- og komfortniveaumetoderne anvendes til analyse af trafikafvikling og vejnetstilstand. Trængsel omhandler vejkapacitet og fremkommelighed (rejsetid), mens komfort omhandler vejstandard og kørselsdynamik. Resultatet er en identifikation af strækninger på vejnettet, hvor der er problemer med lav fremkommelighed og kødannelser, eller hvor vejnettets fysiske udformning ikke lever op til dagens standard. Dette kan danne grundlaget for en vurdering af behovet for afhjælpende tiltag. Med løbende opgørelser af trængsel og komfortniveau er det muligt at følge problemernes udvikling.

Metoderne er senest benyttet i forbindelse med vejudbygningsplanen for Århus Amt. Dertil kommer, at der i øjeblikket baseret på trængselsmetoden gennemføres en fremkommelighedsundersøgelse for amtsvejene i Københavns Amt.

Trængselsmetoden

Trængselsmetoden er udviklet under "Projekt Trængsel", som har til formål at beskrive og opgøre trængsel for vejtrafikken. Projektet gennemføres i et samarbejde mellem:

- Københavns Kommune
- HUR
- Københavns Universitet
- Vejdirektoratet
- Center for Trafik og Transportforskning
- COWI

Til opgørelse af trængsel anvendes primært to parametre:

- tæthed
- rejsehastighed

Tætheden er mål for manøvfrihed og tryghed på vejen. Den opgøres kun for biltrafik og kun på motorveje og veje i åbent land. Praktisk opgørelse af tæthed på veje i byer medfører en

række problemer, bl.a. fordi længden af strækninger med kørsel på grund af kødannelser ikke er konstant før signalregulerede kryds. Samtidig afvikles trafikken mellem signalregulerede kryds bestemt af forholdet mellem omløbs- og grøntid i såkaldte "platoons", hvorfor en beregning af tæthed baseret på gennemsnitlige hastigheder og trafikintensiteter ikke afspejler den oplevede gene.

Rejsehastigheden er mål for forsinkelsen på vejen. Den er generelt mere overkommelig at opgøre for biltrafikken på alle typer af vejstrækninger. Forsinkelser som følge af f.eks. tæt, langsomkørende trafik på vejstrækninger og forsinkelser i signalregulerede kryds er samtidig gener, som er knyttet til rejsehastigheden. Rejsehastigheden kan opgøres som en funktion af målte snithastigheder på strækninger og beregnede gennemsnitlige forsinkelser i kryds. Kørsler med målebiler kan supplere de beregnede værdier.

Alternativt er der i "Projekt Trængsel" analyseret sammenhænge mellem trafikintensiteter og køretøjers hastigheder på bygader og indfaldsveje. Med den fundne relation kan køretiden på strækninger beregnes. Tillægges de beregnede gennemsnitlige stoptider i kryds, haves rejsetiden, og derved en rejsehastighed.

Niveauet af trængsel fastlægges i forhold til en situation, hvor køretøjer kan bevæge sig uhindret af øvrig trafik på vejnettet med en free-flow rejsehastighed. I Tabel 1 er vist hvilke trængselniveauer der svarer til forskellige niveauer af tæthed og rejsehastighed.

Tabel 1 Niveauer af trængsel. Tæthed benyttes alene for biltrafik på motorveje. Rejsehastighed for biltrafik benyttes på motorveje henholdsvis indfaldsveje og bygader. Rejsehastighed for bustrafik benyttes alene på indfaldsveje og bygader.

Trængselsniveau	Tæthed, biltrafik	Rejsehastighed, biltrafik	Rejsehastighed, bustrafik
Ubetydelig trængsel	$t \leq 0,2 \times t_{\max}$	$v_{\text{rejs}} \geq 0,8 \times h$	$v_{\text{rejs}} \geq 0,8 \times h$
Begyndende trængsel	$0,2 \times t_{\max} < t < 0,33 \times t_{\max}$	$v_{\text{rejs}} \geq 0,8 \times h$	$v_{\text{rejs}} \geq 0,8 \times h$
Stor trængsel	$0,33 \times t_{\max} \leq t < 0,6 \times t_{\max}$	$0,4 \times h < v_{\text{rejs}} < 0,8 \times h$	$0,4 \times h < v_{\text{rejs}} < 0,8 \times h$
Kritisk trængsel	$t \geq 0,6 \times t_{\max}$	$v_{\text{rejs}} \leq 0,4 \times h$	$v_{\text{rejs}} \leq 0,4 \times h$

- t er lig tætheden
- $t_{\max}$ er den maksimale tæthed
- v_{rejs} er lig rejsehastigheden
- for biltrafik er h på motorveje lig hastighedsbegrænsningen, og på bygader og indfaldsveje lig free-flow rejsehastigheden. For bustrafik er h lig den aktuelle køreplanhastighed.

Inden for hvert af de 4 niveauer af trængsel opgøres for biltrafikken følgende parametre, som beregnes på baggrund af rejsehastigheden:

- vejtrængsel - vejlængde med trængsel [km]
- biltrængsel - trafikarbejde i bil ved trængsel [vognkm]
- forsinkelse - forsinkelse [timer]

Parametrene beskriver hvor stor en del af vejnettet der er belastet af trængsel på de enkelte niveauer, og hvor stor en del af trafikarbejdet der foregår ved de enkelte trængsniveauer. Tilsvarende gælder for forsinkelsen.

Metoden til opgørelse af trængsel kan eksempelvis anvendes til udpegning af flaskehalse og som indikator for aktuel fremkommelighed og udvikling i fremkommelighed over tid.

Resultaterne kan endvidere danne grundlag for opgørelse af marginale og totale samfundsøkonomiske transportomkostninger til brug for eksempelvis prioritering af vejudbygningsprojekter eller beregning af kørselsafgifter.

Komfortniveaumetoden

Komfortniveaumetoden anvendes til at vurdere vejstandarden, hvor en beregnet værdi for komfortniveauet afspejler hvorledes en bilist vil opleve komforten på vejen. Grundlaget for beregningen er en vurdering af følgende data:

Vejudformning:

- overhalingsbegrænsninger
- køresporsbredde
- kantbane/cykelsti
- yderareal
- skarpe kurver
- stigninger
- større kryds
- mindre kryds/indkørsler
- jævnhed
- byer og lokale hastighedsbegrænsninger

Trafik:

- samlet antal køretøjer
- lastbiler
- lette trafikanter

Beregningen tager udgangspunkt i en referencestrækning, hvor komforten er defineret som maksimal. På de pågældende strækninger, hvor der gennemføres beregninger, reduceres komfortniveauet fra referencestrækningen svarende til de pågældende strækningers udformning og trafikniveau. Resultatet er en værdi mellem 0 (dårligste niveau) 100 (bedste niveau). Værdierne grupperes som vist i Tabel 2 i seks klasser.

Tabel 2 **Komfortniveauets seks klasser.**

Komfortklasse	Komfortniveau	Beskrivelse
A	85-100	Jævn og uhindret kørsel på vej med god geometri. Gode overhalingsmuligheder.
B	70-85	Forholdsvis jævn og uhindret kørsel på vej med rimelig geometri og beskeden trafik i spidstimen. Rimelige overhalingsmuligheder.
C	50-70	Varierende kørsel på grund af mindre god geometri og andre trafikanter i spidstimen. Begrænsede muligheder for overhaling.
D	35-50	Stærkt varierende, ujævn kørsel på grund af dårlig vejgeometri og/eller anden trafik i spidstimen. Ringe mulighed for overhaling
E	15-35	Langsom kørsel på grund af dårlig vejgeometri og/eller anden trafik i spidstimen. Overhaling meget vanskelig. Vejen nærmer sig kapacitetsgrænsen.
F	0-15	Kapacitetsgrænsen er overskredet, og trafikafviklingen sker med meget lav hastighed i spidstimen.

Med beregninger af komfortniveauet for et vejnet kan der identificeres strækninger, hvor vejens udformning og tilstand forringer kørselsdynamik og til dels fremkommelighed.

Eksempel: Vejudbygningsplan for Århus Amt

Trængselsproblemerne i hovedstadsområdet genfindes, om end i reduceret målestok, i især myldretiden i de større provinsbyer.

I Århus Amt er trafikken på bl.a. indfaldsvejene til Århus, Randers og Silkeborg efterhånden så tæt, at vejenes kapacitet, især i de signalregulerede kryds, overskrides, hvorved daglige kødannelser og forsinkelser opstår. Også på de mest belastede strækninger i åbent land viser målinger, at hastigheden er faldende. Samtidig forventes de seneste mange års trafikstigning i et vist omfang at fortsætte.

For den enkelte trafikant betyder en høj belastningsgrad på vejene, at fremkommeligheden reduceres, og rejseoplevelsen belastes af forsinkelser og hyppigere situationer med risiko for uheld. For samfundet betyder den tætte trafik en forøgelse af flere af biltrafikkens negative konsekvenser, herunder uheld, støj, luftforurening, energiforbrug mv. Derudover belastes borgerne og samfundet også som følge af forsinkelserne ved dårlig trafikafvikling, både i form af praktisk ulemper og de økonomiske konsekvenser af tidstab.

Som opfølgning på "Vejplan 2000" har amtet derfor udarbejdet en vejudbygningsplan, hvor de fremtidige behov og muligheder for at forbedre trafiksikkerhed og fremkommelighed belyses. Konkret er formålet at opføre og prioritere de forventede behov for anlægsprojekter på amtsvejene i perioden 2006-2010 til forbedring af trafiksikkerhed, vejstandard og vejkapacitet. I dette eksempel beskrives alene analyser af vejstandard og vejkapacitet.

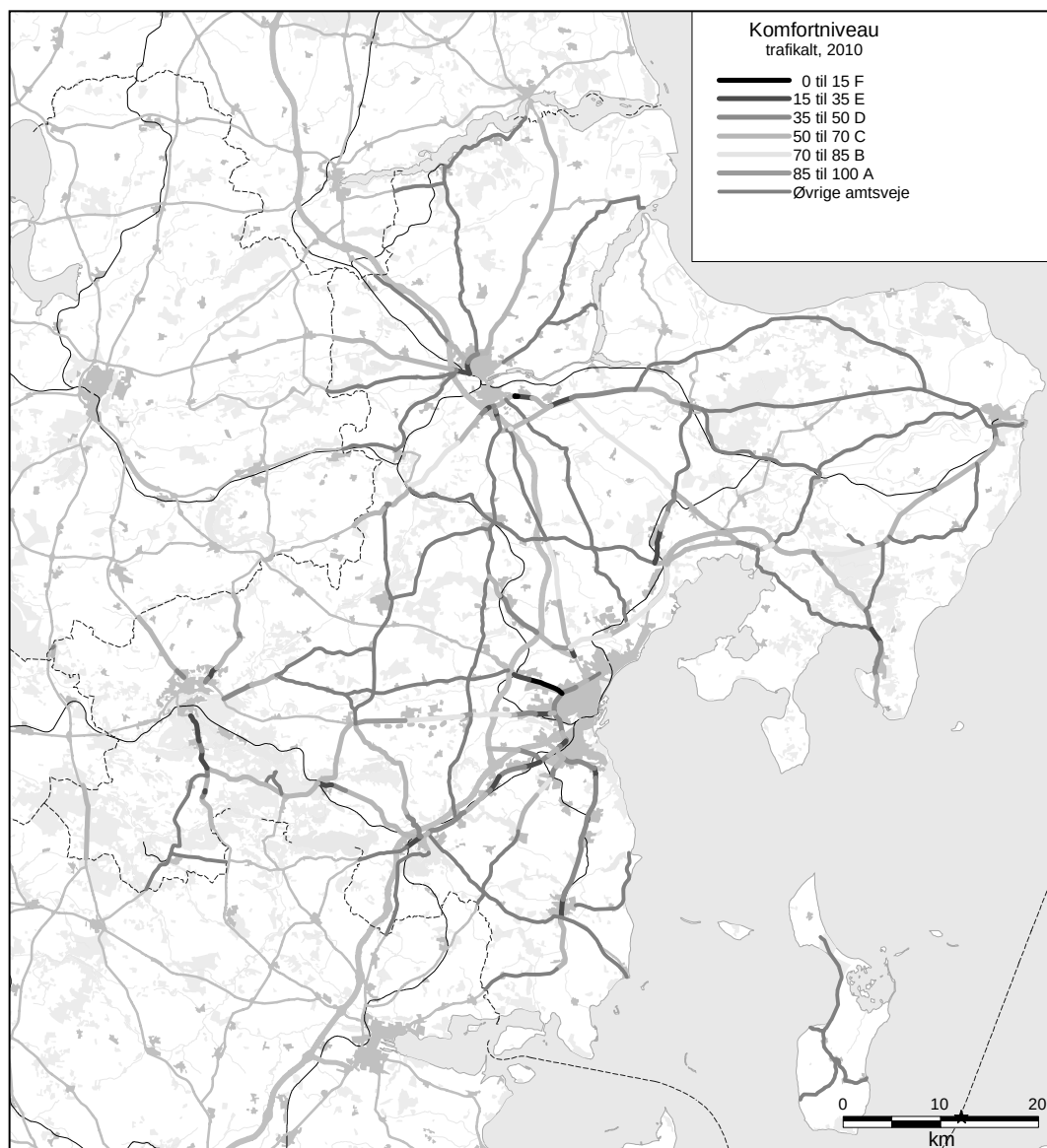
Kriterier for problemudpegning af strækninger er fastsat under hensyntagen til bl.a. amtsvejenes inddeling i funktions- og anlægsklasser.

Vejstandard - komfortniveau

I vejudbygningsplanen er komfortniveaumetoden anvendt til at udpege strækninger, hvor en bedre vejstandard til sikring af fremkommelighed og komfort på amtsveje er nødvendig, og hvor en fortsat trafikstigning ventes at øge behovene for forbedringer. Dette analysearbejde er foretaget for de ca. 425 km af amtets veje, hvor årsdøgntrafikken er over ca. 5.000 køretøjer.

Datagrundlaget for vejnettet er registreringerne i VIS-databasen, mens kortlægning af spærrelinier er sket på basis af VIMS videobilleder. Disse grunddata er indlæst i en beregningsmodel, der for vejnettets delstrækninger beregner komfortniveauet.

Beregningsmodellen er koblet til GIS i MapInfo, hvor resultaterne kan præsenteres visuelt på et vejnet. På Figur 1 er vist et eksempel på resultater af komfortniveauberegningen for 2010.



Figur 1 Komfortniveau 2010.

Optegningen af beregningsresultater på GIS-kort giver et overblik over beliggenheden af strækninger med problemer. Resultaterne er samtidig sammenfattet i Tabel 3, hvor problemernes omfang er kortlagt for amtsvejnettets tre niveauer af funktions- og anlægsklasser¹.

Tabel 3 **Komfortniveau 2010 i forhold til funktions- og anlægsklasser.**

Komfortniveau 2010 (km)	Vejklasse			I alt	i %
	1	2	3		
F	4,0	0,0	0,0	4,0	0,9
E	19,3	12,1	1,2	32,5	7,6
D	54,2	27,1	3,0	84,4	19,8
C	159,5	62,9	16,1	238,4	56,1
B	40,8	2,2	15,8	58,9	13,8
A	1,6	0,0	5,6	7,2	1,7
Sum	279,4	104,2	41,7	425,3	100

Det fremgår af Tabel 3, at komfortniveau D eller lavere fortrinsvis forekommer på vejklasserne 1 og 2. På over 70 % af de undersøgte veje er komfortniveauet C eller højere.

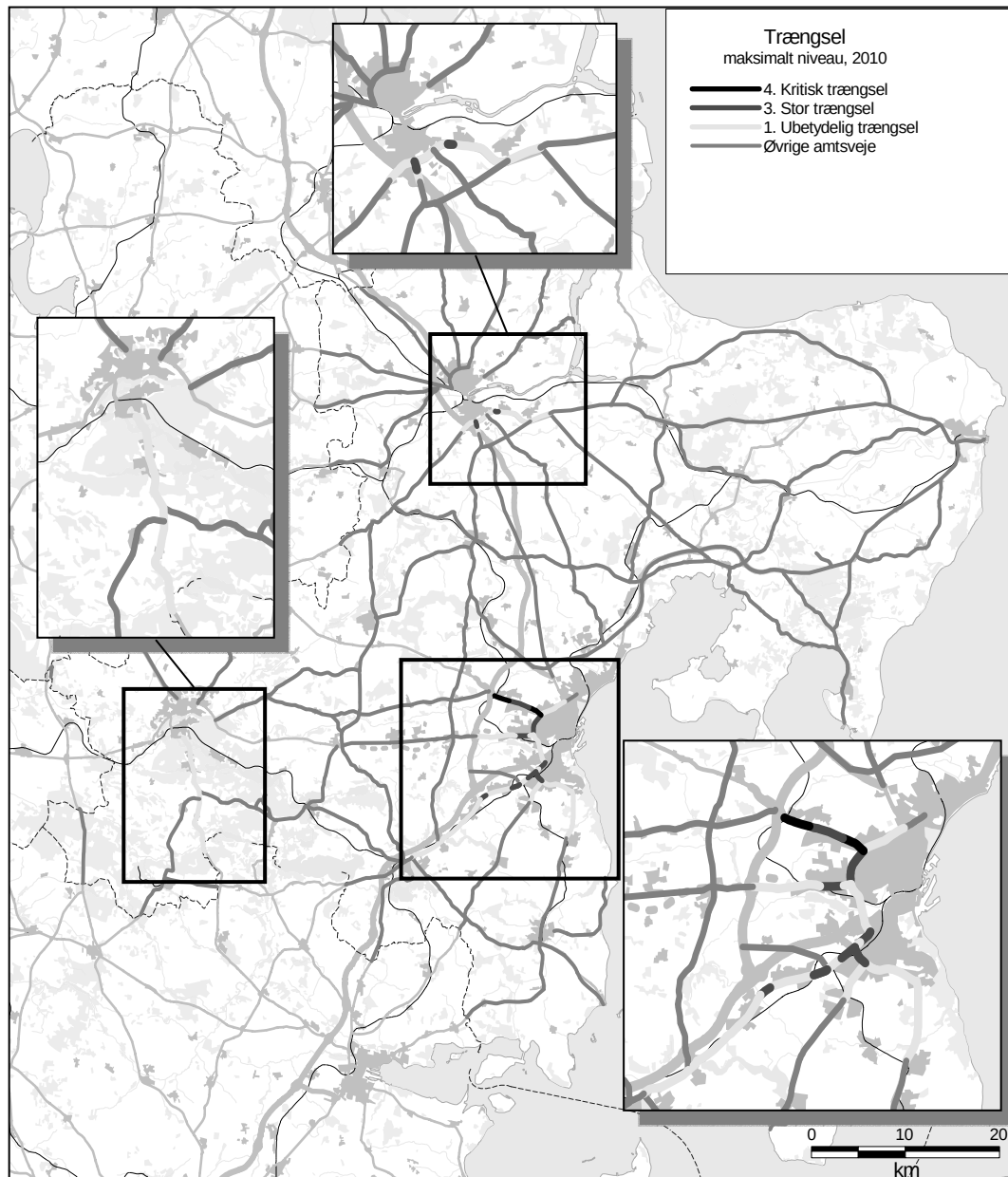
Vejkapacitet - trængsel

Trængselsmetoden er anvendt til at identificere strækninger med påtrængende trængselsproblemer og udbygningsbehov, og hvor det samtidig ønskes at følge udviklingen i trængselsproblemer over tid. Undersøgelsen omfatter trafikken i morgenspidstimen på et hverdagsdøgn på de ca. 90 km mest trafikerede af amtets veje.

Beregning af trængselsparametre er baseret på opgørelse af rejsehastigheder, som er beregnet ud fra strækningsmiddelhastigheder og middelforsinkelse i signalregulerede kryds. Strækningsmiddelhastigheder er beregnet ud fra den i "Projekt Trængsel" fundne relation mellem kapacitetsudnyttelse og hastighed i forhold til hastighedsbegrænsning på vejene. Relationen er på baggrund af snitmålinger af trafikintensitet og hastighed på tre typer teststrækninger kalibreret til de pågældende veje, og der er efterfølgende anvendt nummerskrivningsanalyser til at verificere de beregnede rejsetider/-hastigheder på teststrækningerne. Beregningen af middelforsinkelse i signalregulerede kryds er baseret på metoder angivet i Vejreglerne.

På Figur 2 er vist et eksempel på resultater af trængelsniveauberegningen for 2010.

¹ Som grundlag for styring af amtets anlægsmæssige indsats og for administration af byggelinier og adgangsbestemmelser har amtet inddelt amtsvejene i tre klasser. Indsats og krav er herved afstemt i forhold til vejenes betydning og er størst for klasse 1 og lavest for klasse 3.



Figur 2 Trængselsniveau 2010 for den mest belastede retning på udvalgte amtsveje.

Tilsvarende som ved optegningen af komfortniveau giver optegningen af beregningsresultater for trængsel på GIS-kort et overblik over beliggenheden af problematiske strækninger. Resultaterne kan ligeledes sammenfattes på de enkelte trængselsparametre fordelt på funktions- og anlægsklasser, se Tabel 4.

Tabel 4 Trængsel på udvalgte amtsveje i morgenspidstid i 2010.

	Med kilometrering				Mod kilometrering			
	Vejklasse			I alt (i %)	Vejklasse			I alt (i %)
	1	2	3		1	2	3	
Vejtrængsel (km)								
1. Ubetydelig trængsel	46,8	20,1	0,7	67,6 (93%)	44,5	16,5	1,2	62,3 (85%)
3. Stor trængsel	4,8		0,5	5,4 (7%)	4,1	3,6		7,7 (11%)
4. Kritisk trængsel					3,0			3,0 (4%)
Sum	51,6	20,1	1,2	73,0 (100%)	51,6	20,1	1,2	73,0 (100%)
Biltrængsel (vognkm)								
1. Ubetydelig trængsel	32.381	10.292	425	43.097 (86%)	34.814	11.411	737	46.962 (78%)
3. Stor trængsel	6.507		681	7.187 (14%)	5.198	4.027		9.225 (15%)
4. Kritisk trængsel					4.228			4.228 (7%)
Sum	39.202	10.375	1.106	50.284 (100%)	44.711	15.563	737	60.415 (100%)
Forsinkelse (timer)								
1. Ubetydelig trængsel	54,0	16,8	0,2	70,9 (60%)	63,1	20,8	1,0	84,8 (7%)
3. Stor trængsel	40,9		6,8	47,7 (40%)	42,3	37,0		79,2 (7%)
4. Kritisk trængsel					983,6			983,6 (86%)
Sum	94,9	16,8	7,0	118,6 (100%)	1.089	57,7	1,0	1.148 (100%)

Sammenfatningen viser hvor stor en andel af de undersøgte veje der er belastet med de enkelte niveauer af trængsel, og hvor stor en del af trafikarbejdet der afvikles på de forskellige trængselsniveauer. Det er karakteristisk for strækninger med kritisk trængsel, at størstedelen af den samlede forsinkelse genereres herpå.

Konklusion

Med en kortlægning af komfortniveau og trængsel på et sammenhængende vejnet skabes der et overblik over den aktuelle vejnetstilstand og trafikafvikling. Desuden etableres et grundlag for løbende monitorering af eventuelle problemers omfang og udvikling.

Med fortsat forventning om stigninger i trafikken bliver det i stadig mere aktuelt at kunne identificere og opføre trængselsproblemer for at kunne målrette den forbedrende indsats. Komfortniveauet og trængselsmetoden komplementerer hinanden, og er velegnede til at identificere lokaliteter, hvor en indsats er nødvendig for at sikre en tilfredsstillende fremkommelighed og komfort for trafikanterne.