

EVU kurs Veg- og gateplanlegging  
Lillehammer januar 2008

## Trafikkavvikling i kryss



**Arvid Aakre**

NTNU / SINTEF Veg og samferdsel

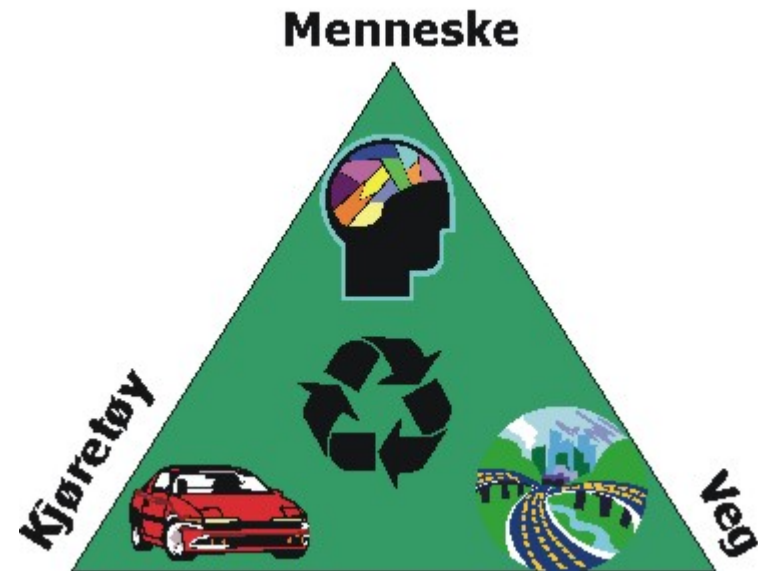
[arvid.aakre@ntnu.no](mailto:arvid.aakre@ntnu.no)

# Innledning til trafikkregulering og avvikling

- Gjennom trafikkregulering kan vi styre og regulere trafikkstrømmer
- Hvorfor blir det kø og forsinkelse ?
- Hvordan er trafikkavviklingen?
- Hvordan kjører vi i forhold til andre kjøretøy rundt oss?
- Begreper og sammenhenger
- En del matematiske modeller og metoder
- Skal likevel legge vekt på praktisk forståelse

## Hva gjør dette vanskelig?

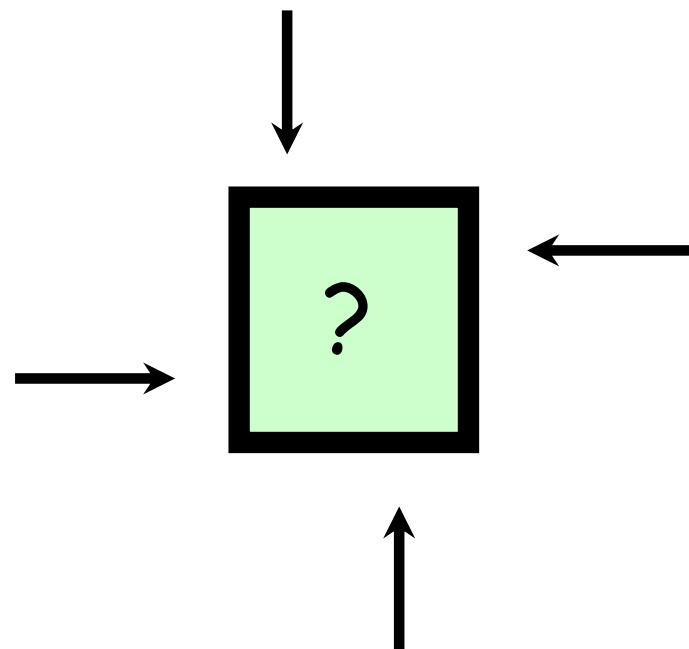
- I trafikken er det et samspill mellom
  - kjøretøy
  - veg
  - mennesket
- Hvert enkelt kjøretøy styres av en fører som gjør egne valg
- Det er særlig føreren som gjør det komplisert å lage en realistisk modell for trafikkavvikling



# Avvikling og konfliktløsning i kryss

## Hva er et vegkryss?

- Et vegkryss er et sted hvor tre eller flere vegarmer møtes
- Dette vil føre til konflikter mellom de ulike strømmene
- Vi må skille konfliktene i tid og/eller rom
- Vi har stor frihet når det gjelder å definere regler for hvordan dette skal gjøres !



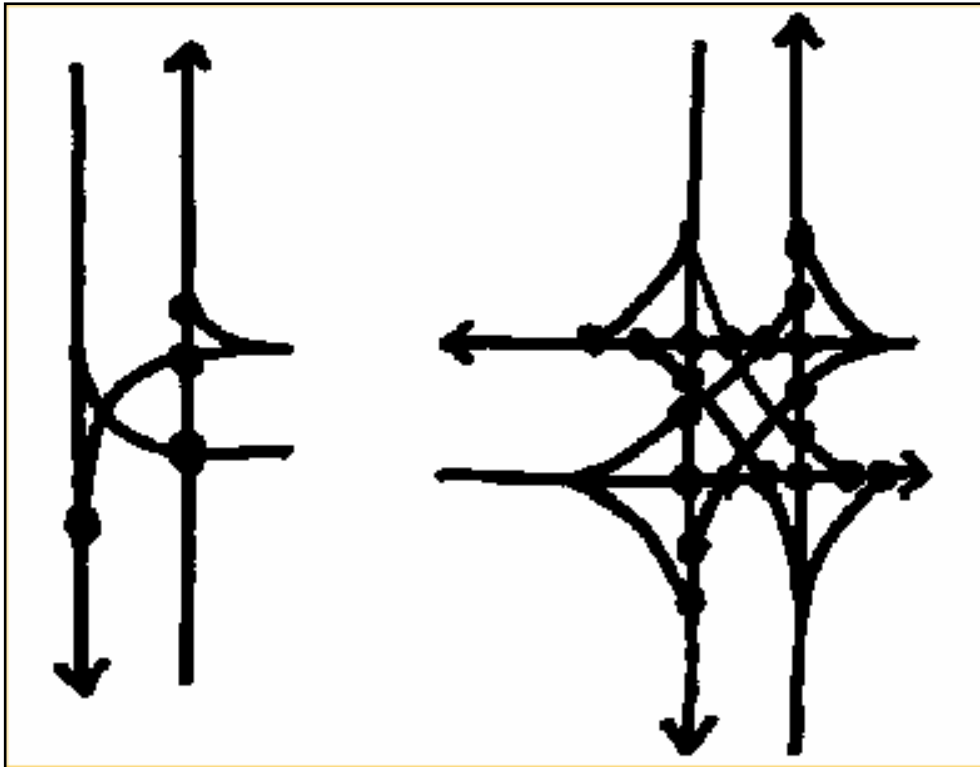
# Kryssavvikling - regler og konsekvenser

- På en eller annen måte tildeler vi prioritet til de ulike trafikkstrømmene
- Prioriteten avgjør fordeling av forsinkelse
- Dersom noen gis svært høy prioritet, går dette på bekostning av andre strømmer
- Strømmene med lavest prioritet begrenser som regel kryssets kapasitet

# Avviklingskvalitet

- I et trafikksystem vil det oppstå konflikter mellom ulike trafikanter og trafikkstrømmer
- Konfliktene løses gjennom regulering, regelverk, utforming og ikke minst trafikantenes atferd
- Uansett vil konfliktene av og til føre til kø og forsinkelse i ulike deler av trafikksystemet
- Trafikantene vil subjektivt oppfatte avviklingskvaliteten som mer eller mindre god
- Vi har en rekke modeller og metoder for beregning og vurdering av avviklingskvalitet

## Konfliktpunkter i T- og X-kryss



- Konfliktområdet bør ikke gjøres for stort
- Færrest mulig konflikter
- Noen konflikter er mer alvorlig enn andre - det er særlig disse vi bør unngå

# Årsdøgntrafikk (ÅDT)

- Årsdøgntrafikk er gjennomsnittlig døgntrafikk over året
- $\text{ÅDT} = \text{total trafikk i ett år} / 365$
- Det er stor variasjon i døgntrafikken (DT) fra dogn til dogn
- På et dogn kan vi i enkelte tilfelle ha en døgntrafikk som er opptil 3-4 ganger større enn ÅDT
- Det er stor variasjon i trafikken fra time til time
- Årsdøgntrafikk er IKKE egnet til å beskrive eller beregne avvikling og kapasitet i kryss
- For avviklingsvurderinger MÅ vi benytte kortere tidsperioder (typisk timetrafikk)

## Trafikkvolum (M)

- Trafikkvolum (M) defineres som antall kjøretøy pr tidsenhet
- $M = n / T$  (der n er antall kjøretøy og T er tida)
- Vanlig benevning er kjt/time, men en kan selvfølgelig også bruke andre enheter
- Ved korte tidsintervaller bruker vi ofte begrepet trafikkintensitet i stedet for trafikkvolum

## Mer om trafikkvolum

- På tofeltsveger ser vi på sum trafikk i begge retninger. I tillegg angir vi retningsfordeling (f.eks 60-40).
- På flerfeltsveger ser vi ofte på hver retning for seg.
- I kryss ser vi på all trafikk INN mot krysset.
- Dersom vi også hadde tatt med trafikken UT av krysset, så hadde hver bil blitt tatt med to ganger.

## Tunge kjøretøy og personbilenheter

- Andel tunge kjøretøy beregnes i prosent av totaltrafikken
- I praksis bruker vi ofte en lengdeklassifisering i stedet for vekt siden lengden er enklere å måle
- Dette fører til en del problemer i praktisk bruk og forståelse av andel tungtrafikk
- Vi kan regne om ulike kjøretøytyper til personbilenheter (pbe) , for eksempel slik:

1 personbil = 1.0 pbe

1 MC = 0.5 pbe

1 buss = 2.0 pbe

1 lastebil = 2.5 pbe

1 vogntog = 3.0 pbe

Dette omregningstallet kan gjerne gjøres avhengig av stigning osv.

# Kapasitet

- Kapasitet innen trafikkteknikk kan defineres som:  
*“Det maksimale antall kjøretøy som med rimelighet kan forventes å passere et punkt eller en strekning i løpet av et gitt tidsrom under de rådende veg-, trafikk- og reguleringsforhold.”*
- Selv om det finnes en slik kapasitetsgrense, så vil ikke kapasiteten være “naturgitt” eller konstant
- Kapasitet vil være en “dynamisk størrelse” både i tid og rom
- ... og heldigvis har vi store muligheter til å påvirke kapasiteten

## Kapasitet i kryss

- Kapasitet for svingebevegelse
- Kapasitet for kjørefelt
- Kapasitet for tilfart
- Kapasitet for hele krysset

NB!

Husk at kapasitet i kryss er avhengig av aktuell trafikkbelastning og fordeling på svingebevegelser.

## Kapasitet og avviklingskvalitet

- Dersom trafikkbelastningen er større enn kapasiteten, vil dette føre til overbelastning. Dette fører igjen til kø, forsinkelse og dårlig avviklingskvalitet.
- Men redusert avviklingskvalitet er ikke nødvendigvis koblet til overbelastning.
- Selv om vi ligger godt under kapasitetsgrensa så vil det oppstå konflikter mellom kjøretøy.
- Vi kan altså ha relativt dårlig avviklingskvalitet selv om trafikkbelastningen er lavere enn kapasitetsgrensa.

# Parametre for vurdering av aviklingskvalitet

- Forsinkelse  
(pr kjt og totalt for en strøm)
- Reisetid
- Volum
- Hastighet
- Tetthet
- Tidsluker
- Kølengde
- Køhastighet
- Kapasitet
- Kapasitetsreserve
- Belastningsgrad
- Servicenivå (avviklingskvalitet)
- Andel (eller antall) stopp

Det er generelt stor variasjon i disse parametrene!

Det er derfor viktig at vi ikke bare ser på gjennomsnittsverdier!

## Modeller for avvikling i kryss

- Det finnes en rekke modeller for vurdering av avvikling i kryss
- SIDRA (og CAPCAL) er de beregningsmodellene som brukes mest i Norge
- Vi har også en del simuleringsmodeller som gir en detaljert beskrivelse av hvert enkelt kjøretøy (for eksempel AIMSUN, VISSIM og CORSIM)
- Simuleringsmodellene krever mye av brukeren, det anbefales å benytte SIDRA for avviklingsvurderinger i kryss

# Eksempel på resultater fra SIDRA

Output Tables - versjon-0

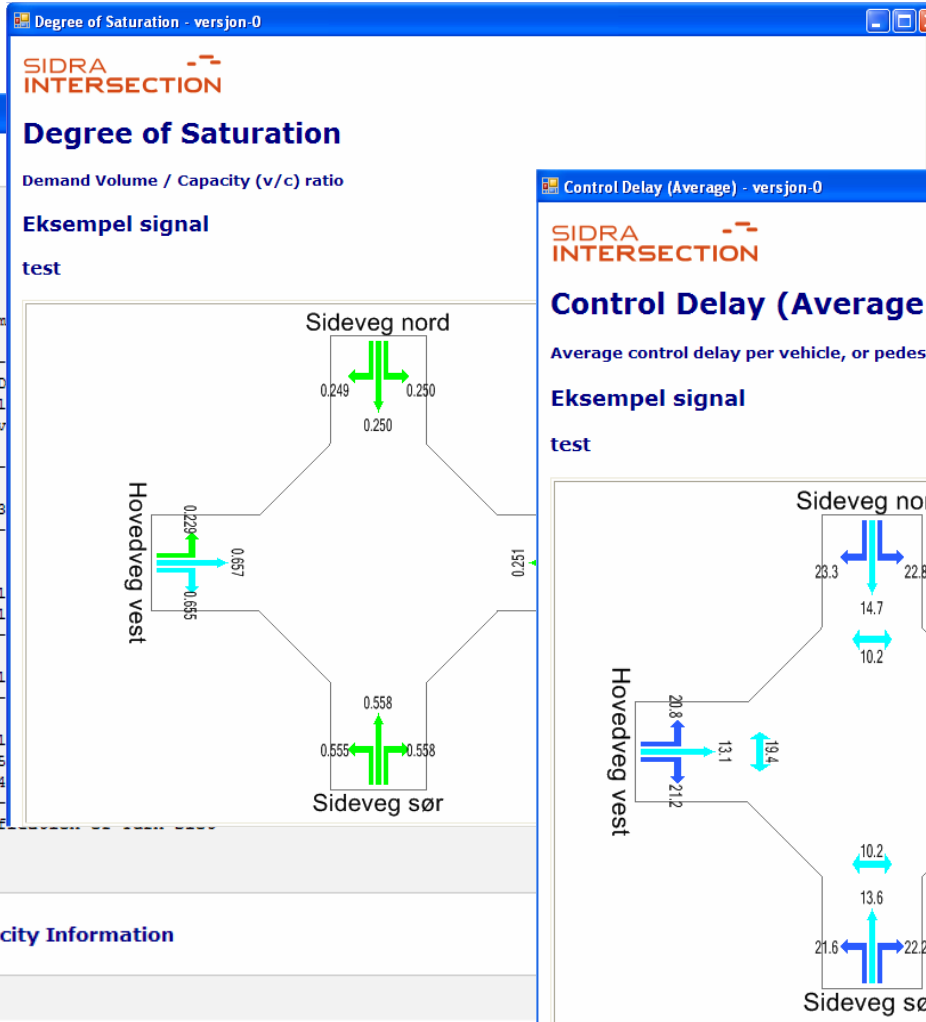
Table S.7 - Lane Performance

New Site - 1  
 Enter subtitle  
 Intersection ID: 0  
 Fixed-Time Signals, Cycle Time

Lane No.	Effective Red and Green Times (sec)				D	FL (v)
	R1	G1	R2	G2		
-----						
South: New S leg						
1 LTR	31	19	0	0	3	
-----						
East: New E leg						
1 L	40	10	0	0	1	
2 T	29	21	0	0	1	
3 TR	29	21	0	0	1	
-----						
North: New N leg						
1 LTR	35	15	0	0	1	
-----						
West: New W leg						
1 L	32	18	0	0	1	
2 T	29	21	0	0	5	
3 TR	29	21	0	0	4	

T Short lane due to specific

Table S.8 - Lane Flow and Capacity Information



Control Delay (Average) - versjon-0

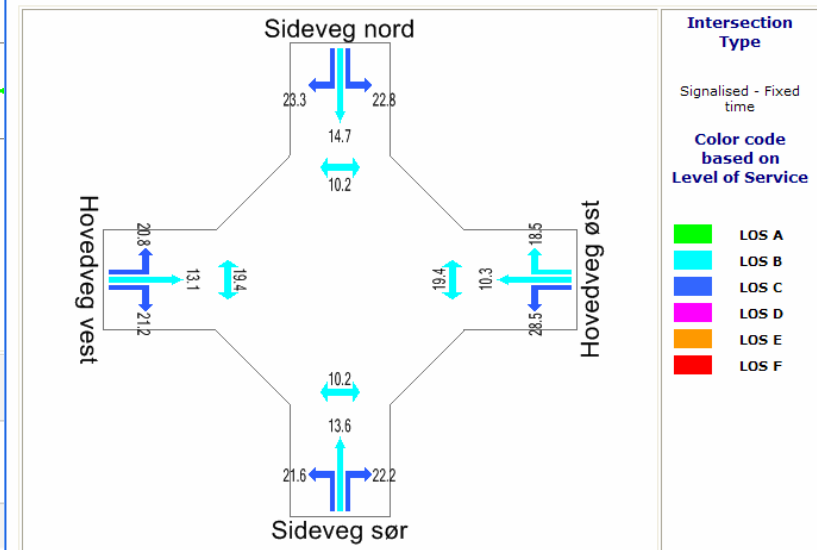
SIDRA INTERSECTION

## Control Delay (Average)

Average control delay per vehicle, or pedestrian delay (seconds)

Eksempel signal

test



## Håndbok 127 "Kapasitet i kryss"

- Dagens norske metoder for Forkjøerskryss og Rundkjøringer er beskrevet i Statens vegvesen håndbok 127 Kapasitet i kryss
- Håndboken er utarbeidet av SINTEF i 1985 (Johannessen / Aakre)
- Håndbok 127 er relativt gammel og absolutt moden for revisjon
- Det finnes regnearkmodeller som er et godt alternativ til de manuelle metodene i H127

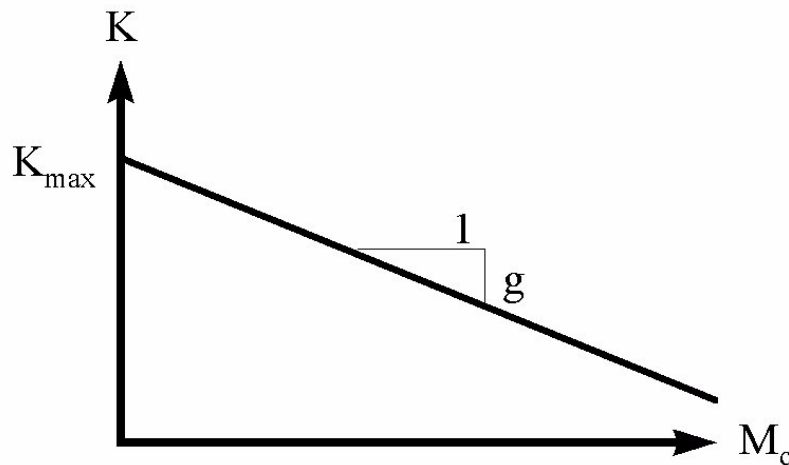
## Forkjørsregulerte kryss i HB 127

- Basert på tyske metoder og tilpasset til norske forhold
- Ser på tidsluker i forkjørsberettiget strøm
- Sammenligne med trafikantenes krav til tidsluker
- Kritisk tidsluke kan defineres som den tidsluke gjennomsnittstrafikanten vil akseptere for å kjøre inn i eller krysse en forkjørsberettiget strøm
- Følgetid tilsvarer kritisk tidsluke for etterfølgende kjøretøy når disse benytter samme tidsluke i hovedstrømmen
- Følgetid er vanligvis ca 60% av kritisk tidsluke

## Rundkjøringer i HB 127

- Tradisjonelt har vi i Norge vært inspirert av engelske metoder for kapasitet i rundkjøringer
- Håndbok 127 bygger på empiriske kapasitetsmodeller fra TRL i England
- I de seinere år har vi i større grad basert oss på tidslukemodeller også for rundkjøringer (jfr SIDRA)

# Forenklet metode for både forkjøerskryss og rundkjøringer



$$K = K_{\max} - g * M_c$$

- Lineær sammenheng mellom
  - Kapasitet for vikepliktig strøm (K)
  - Forkjørsberettiget trafikk ( $M_c$ )
- Maxverdien ( $K_{\max}$ ) og gradienten ( $g$ ) bestemmes ut fra
  - Geometri
  - Type svingebevegelse
  - Stigning
  - Siktforhold
  - Lokale forhold
  - Trafikantatferd

## Kritisk tidsluke i forenklet metode

<b>Kritisk tidsluke</b>	<b>Følgetid</b>	<b>Maks kapasitet</b>	<b>Gradient</b>
<b>t<sub>kr</sub></b>	<b>t<sub>f</sub></b>	<b>K<sub>max</sub></b>	<b>g</b>
<b>sek</b>	<b>sek</b>	<b>kjt/t</b>	<b>-</b>
3.0	1.8	1600	0.60
3.5	2.1	1400	0.60
4.0	2.4	1200	0.60
4.5	2.7	1100	0.60
5.0	3.0	1000	0.56
5.5	3.3	900	0.52
6.0	3.6	800	0.48
6.5	3.9	700	0.44
7.0	4.2	600	0.40
7.5	4.5	500	0.36
8.0	4.8	450	0.32

## Forenklet metode

- Med utgangspunkt i kritisk tidsluke finner du max kapasitet ( $K_{\max}$ ) og gradient ( $g$ )
- Max kapasitet er trafikken som kan avvikles når det ikke er forkjørsberettiget trafikk (det er ingen som du skal vike for)
- Det er rimelig å anta at kapasiteten avtar etter hvert som den forkjørsberettigete trafikken øker (du må vike for flere)
- Gradienten sier noe om hvor mye kapasiteten avtar for hvert ekstra forkjørsberettiget kjøretøy

## Kapasitet av kjørefelt

- Dersom to eller flere svingebevegelser med kapasitet  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$  deler ett kjørefelt, så kan kapasiteten for kjørefeltet ( $K_{\text{felt}}$ ) beregnes som:

$$\frac{M_{\text{felt}}}{K_{\text{felt}}} = \frac{M_1}{K_1} + \frac{M_2}{K_2} + \frac{M_3}{K_3}$$

$$M_{\text{felt}} = M_1 + M_2 + M_3$$

## Beregning av belastningsgrad og forsinkelse

- o Belastningsgrad  $B$  er forholdet mellom trafikkvolum og kapasitet

$$B = \frac{M}{K} * 100\%$$

- o Gjennomsnittlig forsinkelse pr kjøretøy,  $f$  (sek/kjt) beregnes som

$$f = \frac{3600}{K - M}$$

- o Der  $K$  = kapasitet og  $M$  = Trafikkvolum i det vikepliktige kjørefeltet

## Kapasitet i signalanlegg

- Når det er grønt lys, så er det typisk 2 sekunder mellom hvert kjøretøy
- Det tilsvarer  $3600/2 = 1800$  kjt/time pr kjørefelt (vi kaller dette for metningsvolum)
- Kapasiteten kan da uttrykkes som:

$$\text{Kapasitet} = 1800 * \frac{\text{grønntid}}{\text{omløpstid}}$$

## Oppsummering

- Avvikling i kryss er en komplisert prosess
- I denne presentasjonen har vi vist en svært forenklet metode for beregning av kapasitet og forsinkelse
- Det anbefales å gjøre mer detaljerte analyser med mer avanserte modeller (for eksempel SIDRA) når en har mistanke om at det vil oppstå avviklingsproblemer