

Avvikling på 2+1 veg med midtdeler – grunnlag for vurdering av ÅDT grense for 4-felts veg



Rapport fra NTNU Trafikkteknisk senter

Forfatter: Arvid Aakre

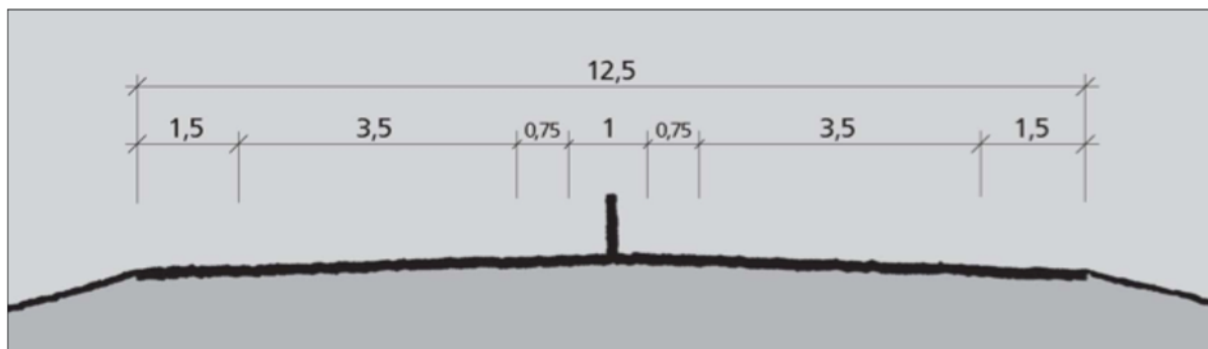
November 2014

Innhold:

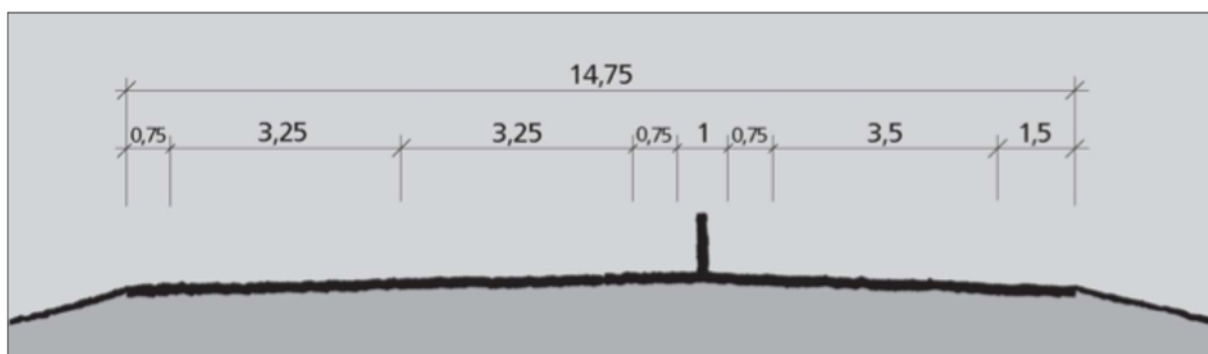
1	Bakgrunn	3
2	Begreper og beregningsmetoder	5
2.1	Generelt.....	5
2.2	Begreper	5
2.3	Beregningsmetoder	8
3	Erfaringer fra andre land	11
4	Norske registreringer	14
4.1	E18 Brattås (Telemark)	14
4.2	E6 Melhus sør (Sør-Trøndelag)	16
4.3	E6 Væretunellen (Sør-Trøndelag)	18
5	Modell for å estimere PTSF og servicevolum	20
6	Konklusjon, anbefalinger og forslag til videre arbeid.....	22
	Litteratur:	24

1 Bakgrunn

I dagens håndbok N100 Veg- og gateutforming er det gitt dimensjoneringskrav for ulike vegtyper. De viktigste inngangsparameterne er ÅDT og fartsgrense. Nye nasjonale hovedveger og øvrige hovedveger med ÅDT 6000-12000 og fartsgrense 90 km/t skal utformes som en 2+1 veg med midtdeler (dimensjoneringsklasse H5). Tverrprofilen for en slik veg er gitt i figurene under:

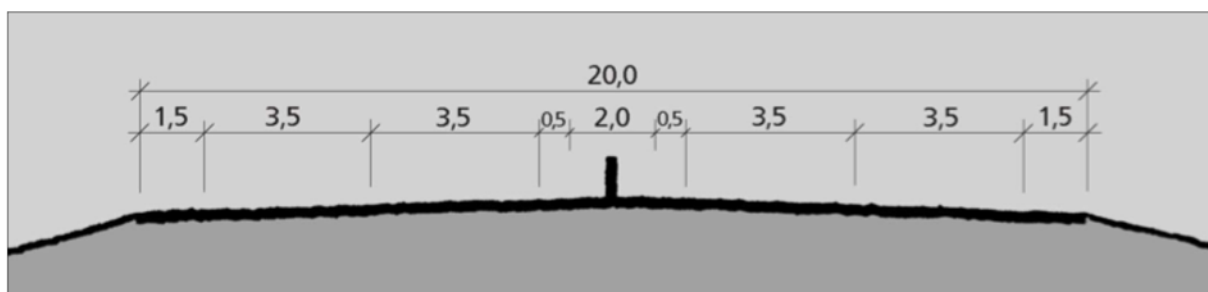


Figur 1: Tverrprofil for dimensjoneringsklasse H5 (strekning med 2 kjørefelt, total bredde 12.5 meter)



Figur 2: Tverrprofil for dimensjoneringsklasse H5 (strekning med forbikjøringsfelt, total bredde 14.75 meter)

Hvis ÅDT er over 12000 på en slik veg, så skal den bygges som en 4-felts motorveg. Vi vil da benytte dimensjoneringsklasse H8 (ÅDT 12000-20000 og fartsgrense 100 km/t) med følgende tverrprofil:



Figur 3: Tverrprofil for dimensjoneringsklasse H8 (4-felts motorveg med total bredde 20.0 meter)

Dagens vegnormaler sier altså at vi skal gå over fra «2+1 veg med midtdeler» til «4-felts motorveg» ved en ÅDT på 12.000 kjt/døgn. Denne grensen er i stor grad basert på vurdering av trafikksikkerhet, se blant annet SINTEF rapport STF22 A03329 (Giæver og Aakre 2003).

I dette prosjektet vil vi se på trafikkavvikling på 2+1 veger og på bakgrunn av det vurdere dagens ÅDT-grense på 12.000. Vi vil stort sett kun se på trafikkavvikling, og andre konsekvenser som trafikksikkerhet, miljø, kostnader etc blir ikke vurdert i denne rapporten.

ÅDT i denne sammenheng er forventet trafikk i prognoseåret som normalt er 20 år etter forventet åpningsår. En ÅDT-verdi så langt fram i tid må nødvendigvis ha betydelig usikkerhet, men den utfordringen belyses ikke nærmere i dette prosjektet.

ÅDT er i utgangspunktet dårlig egnet til å vurdere avviklingskvalitet på grunn av store variasjoner i trafikken. Trafikken varierer på en relativt systematisk måte over døgnet, ulike ukedager og ulike uker i året.

For vurdering av trafikkavvikling må vi se på kortere perioder. Typisk ser vi på timetrafikk, men det er også betydelige trafikkvariasjoner innen en time. I dette prosjektet ser vi på timetrafikk, og så vil vi sette opp et sett med antakelser slik at vi kan beregne en tilsvarende ÅDT-verdi.

I denne sammenheng må vi også vurdere retningsfordeling. ÅDT er vanligvis angitt som gjennomsnittlig døgnetrafikk samlet for begge retninger. Men alle vegtypene vi ser på i dette prosjektet har en midtdeler som gjør at trafikken i én retning er relativt lite påvirket av trafikken i den andre retningen. Vurdering av trafikkavvikling for en tidsperiode må nødvendigvis ta utgangspunkt i retningen med størst trafikk. Det er denne retningen som begrenser avviklingskvaliteten. Trafikken i den andre retningen vil på samme tid vanligvis være en del mindre, og dermed har den retningen bedre avviklingskvalitet. Retningsfordeling er altså en viktig faktor når vi skal vurdere ÅDT på bakgrunn av timetrafikk.

I dette prosjektet har vi antatt at både veg og kryssløsninger er utformet i henhold til utformingskravene i håndbok N100. Vi antar også relativt ideelle forhold med hensyn til:

- **Stigning**
Vi har hovedsakelig sett på relativt flat veg med stigning opp til 2%.
- **Tungtrafikk**
Vi antar en lav tungtrafikkandel på maks 5 %.
- **Forbikjøring**
Vi antar at behovet for forbikjøring løses gjennom bruk av forbikjøringsfelt.

I praksis kan en kombinasjon av stigning, tungtrafikk og manglende forbikjøringsmuligheter få store konsekvenser for avviklingen på en 2+1 veg med midtdeler. Her er det behov for ytterligere analyser, målinger og beregninger.

2 Begreper og beregningsmetoder

2.1 Generelt

I Norge har vi ikke oppdaterte beregningsmetoder for trafikkavvikling på vegstrekninger. Dagens håndbok (håndbok 159 i det gamle nummereringssystemet) har ikke fått noe nytt nummer i det nye systemet. Håndboken heter «Kapasitet på vegstrekninger», og den har ikke blitt oppdatert siden den ble utgitt for rundt 25 år siden. Metoden er basert på HCM fra 1985.

HCM (Highway Capacity Manual) er vesentlig oppdatert flere ganger etter dette (1994, 2000 og 2010). Både begreper, angrepsmåte og metode er vesentlig endret, og dagens norske metode har derfor liten verdi.

Det er naturlig å ta utgangspunkt i HCM 2010. Men her finnes det kun vanlige tofeltsveger og 4-felts motorveger. Løsningen med 2+1 veg med midtdeler er ikke omtalt i HCM 2010. Det forventes at det vil komme mer om dette i neste utgave som er stipulert til å komme i 2015. Likevel kan det være fornuftig å ta utgangspunkt i HCM 2010 samtidig som vi vurderer andre kilder og erfaringer fra andre land. Vi har også sett på noen registreringer på relevante norske veger.

2.2 Begreper

Det er viktig å skille mellom punktdata og strekningsdata. Det kan være en flytende overgang for relativt korte strekninger, men punktdata gjelder for et punkt eller en kort strekning. Strekningsdata gjelder for en lengre strekning. De aller fleste parametere for avvikling på vegstrekninger er egentlig strekningsdata. Stort sett er det lang enklere å samle inn punktdata, mens strekningsdata ofte krever at en kan kjenne igjen kjøretøy i ulike snitt eller følge kjøretøy over en strekning.

I mange nettverk er kø og forsinkelse knyttet til kryss og flaskehalser. I denne rapporten ser vi først og fremst på avvikling på strekninger. Det vil si at vi antar planfrie kryss og at disse ikke utgjør noen spesiell flaskehals i vegnettet.

I klassisk trafikkstrømsteori ser vi ofte på sammenhengen mellom trafikkvolum, hastighet og tetthet på en vegstrekning. Med hastighet forstår vi her gjennomsnittlig strekningshastighet og med tetthet forstår vi gjennomsnittlig tetthet på strekningen. Den grunnleggende sammenhengen mellom begrepene er:

$$\text{Volum} = \text{Hastighet} * \text{Tetthet} \quad (\text{flow} = \text{speed} * \text{density})$$

og i nyere litteratur vi bruker ofte symbolene q , u og k ; $q = u * k$.

I tabellen på de neste sidene har vi gitt en kort definisjon av en del sentrale begrep for avvikling på vegstrekninger. Det henvises også til NVF-ITS sin terminologordbok (Aakre m fl 2012).

Norsk	Engelsk	Symbol	Enhet	Forklaring
Volum	Flow	q	kjt/t	Antall biler pr tidsenhet (oftest pr time) som passerer et punkt eller en strekning
Intensitet	Flow rate	q	kjt/s	Antall biler pr tidsenhet (kort tid, som regel sekunder eller minutt) som passerer et punkt eller en strekning
Timevariasjons-faktor	Peak Hour Factor	PHF		Et mål for trafikkvariasjon innenfor en time, typisk definert som forholdet mellom timetrafikk og 4x høyeste 15 min trafikk
Hastighet	Speed	u	km/t	Et mål for bevegelse. Den deriverte av avstand med hensyn på tid; beskriver forholdet mellom avstand og tid
Punkthastighet	Point speed	u _p	km/t	Hastigheten i et punkt eller over en kort strekning (kan typisk måles med speedometer, radar, induktive sløyfer mm)
Streknings-hastighet	Section speed (Travel speed)	u _s	km/t	Forholdet mellom lengden av en litt lengre strekning og hvor lang tid kjøretøyet har benyttet på strekningen (må ofte kjenne igjen et kjøretøy i ulike snitt eller følge kjøretøyet inne på en strekning)
Tetthet	Density	k	kjt/km	Antall biler pr km på en vegstrekning.
Tidsluke front-front	Time headway	th	sek	Avstand i sekunder fra fronten av en bil passerer et gitt punkt til fronten av bilen bak passerer det samme punktet.
Tidsluke bak-front	Time gap	tg	sek	Avstand i sekunder fra bakenden av en bil passerer et gitt punkt til fronten av bilen bak passerer det samme punktet.
Avstand front-front	Distance headway	dh	m	Avstand i meter fra fronten av en bil til fronten av bilen bak (inkluderer lengden av bilen foran).
Avstand bak-front	Distance gap	dg	m	Avstand i meter fra bakenden av en bil til fronten av bilen bak (luftavstand).
Kapasitet	Capacity	K	kjt/t	Kapasiteten er definert som det maksimale antall kjøretøy som kan passere et punkt eller en strekning i løpet av en viss tid under gitte forhold.
Servicenivå (Avviklingskvalitet)	Service level	SN	A-F	Avviklingskvaliteten deles inn i ulike klasser; A-F. A er god avvikling der du er lite påvirket av andre kjøretøy, E nærmer seg kapasitetsgrensen der du kjører i en mer eller mindre kontinuerlig kø. Mellom A og E finner en B, C og D. Servicenivå F betyr sammenbrudd med en stopp og gå situasjon der det både er lavt volum, høy tetthet og lav hastighet.

Norsk	Engelsk	Symbol	Enhet	Forklaring
Servicevolum	Service volume	SV _{SN}	kjt/t	Trafikkmengde som tilsvarer en overgang fra et servicenivå til et annet. SV _D betyr for eksempel overgangen mellom servicenivå D og E.
Prosentandel av tiden der en følger etter et annet kjøretøy	Percent Time Spent Following	PTSF	%	Prosentandel av tiden der en følger etter et annet kjøretøy (knyttet ofte til en tidsluke på under 5 sek)
Gjennomsnittlig reisehastighet	Average Travel Speed	ATS	km/t	Tilsvarer gjennomsnittlig strekningshastighet (gjennomsnittlig hastighet over en strekning for alle aktuelle kjøretøy, må ta utgangspunkt i tidsforbruk på strekningen)
Fri-flyt hastighet (ønsket hastighet)	Free-Flow Speed	FFS	km/t	Hastighet ved lav trafikk og fri flyt; kan også defineres som ønsket eller skiltet hastighet uten påvirkning fra annen trafikk
Prosent av fri-flyt hastighet	Percent of Free-Flow Speed	PFFS	km/t	Forholdet mellom ATS og FFS; sier noe om muligheten til å opprettholde ønsket hastighet (evt skiltet hastighet)
Ideelle forhold	Ideal (base) conditions			Kjørefeltbredde > 3.6 m (3.5 m) Skulderbredde > 1.8 m (1.5 m) Forbikjøring mulig (lovlig og tilstrekkelig sikt) Bare personbiler Flatt terreng Ingen spesielle hindringer

2.3 Beregningsmetoder

Tradisjonelt har **Highway Capacity Manual** (HCM) vært utgangspunkt for de fleste metoder knyttet til beregning av kapasitet og avviklingskvalitet på en vegstrekning. Men det finnes ingen metode i HCM for avvikling på 2+1 veger med midtdeler. Denne vegtypen er lite benyttet i USA, og det har foreløpig ikke blitt utviklet noen metode.

Når det gjelder 2+1 veger må vi derfor hovedsakelig basere oss på erfaringer fra andre land som vi kommer tilbake til i kap 3.

Men det kan likevel være nyttig å ta utgangspunkt i metoden for avvikling på tofeltsveger i HCM 2010. Metoden er beskrevet i kap 15 («Two Lane Highways»). Her er avviklingskvalitet i stor grad knyttet til begrepene «Average Travel Speed (ATS)» og «Percent Time Spent Following (PTSF)». Vi kan si at ATS er et mål for framkommelighet, mens PTSF er et mål for manøvreringsfrihet. I tillegg benyttes begrepet «Percent of Free-Flow Speed (PFFS)» som et uttrykk for muligheten til å opprettholde ønsket hastighet på en strekning.

HCM opererer med 3 typer tofeltsveger:

1. **Hovedveger (Class 1 highway)**

Hovedveger der bilistene forventer å opprettholde relativt høy hastighet. Servicenivå bestemmes ut fra ATS og PTSF. Det er denne vegtypen som er mest sammenlignbar med norsk 2+1 veg.

2. **Større samleveger (Class 2 highway)**

Samleveger inn mot hovedveger der trafikantene ikke nødvendigvis forventer høy hastighet. Servicenivå bestemmes ut fra PTSF.

3. **Mindre samleveger (Class 3 highway)**

Tofeltsveger i og gjennom mindre byer med en gode del kryss og andre hindringer. Kan være en del av klasse 1 eller 2 veg. Servicenivå bestemmes ut fra PFFS.

HCM definerer ideelle forhold («Base conditions») som en tofeltsveg med:

- Kjørefeltbredde > 12 fot (3.6 m)
- Skulderbredde > 6 fot (1.8 m)
- Forbikjøring mulig (lovlig og tilstrekkelig sikt)
- Sikt lenger enn 1000 fot (300 meter)
- Bare personbiler
- Flatt terreng / ingen stigning
- Ingen spesielle hindringer

Under slike forhold kan vi oppnå en kapasitet (i korte perioder og på kortere strekninger) på 1700 kjt/t i én retning og 3200 kjt/t i begge retninger. På grunn av interaksjon mellom retningene så blir kapasiteten i den andre retningen redusert til 1500 kjt/t (3200-1700 kjt/t) hvis vi har 1700 kjt/t i en retning. I følge HCM er det sjelden kapasitetsproblemer på tofeltsveger side de i USA blir bygd ut til 4

felt før trafikken blir så stor. Den viktigste delen av metodikken er derfor koblet til servicenivå og avviklingskvalitet.

Servicenivå for hovedveger (class 1 highways) er i HCM basert på ATS og PTSF:

<i>Servicenivå</i>	<i>ATS</i>	<i>ATS</i>	<i>PTSF</i>
	<i>miles /hour</i>	<i>km/t</i>	<i>%</i>
A	>55	>88	<35
B	>50-55	>80-88	>35-50
C	>45-50	>72-80	>50-65
D	>40-45	>64-72	>65-80
E	<40	<64	>80

Kommentar til tabellen:

Verdiene for PTSF (Percent Time Spent Following) ser realistisk ut, men verdiene for ATS (Average Travel Speed) ser ut til å synke urealistisk mye mellom hvert servicenivå. Dette henger trolig sammen med at amerikanske tofeltsveger har en del lavere standard enn en norsk 2+1 veg. I USA er det en del avkjørsler og kryss på slike veger. Dette fører til en del stopp og forsinkelse som gjør at gjennomsnittlig strekningshastighet reduseres vesentlig når trafikken blir større. Fot moderne norske 2+1 veger har det derfor ingen hensikt å benytte kriteriene for ATS, og vi må i stor grad basere oss på PTSF.

Metoden i HCM 2010 for tofelts hovedveger kan kort beskrives i følgende punkter:

1. Innsamling av grunnlagsdata (trafikk, geometri, hastighet etc)
2. Estimere Free-Flow Speed (FFS) basert på Base free-flow speed (BFFS) samt korreksjoner for trafikk- og geometridata
3. Finne korreksjonsfaktorer og estimere Average Travel Speed (ATS) basert på FFS, tungtrafikk, stigninger, forbikjøringsmuligheter etc
4. Finne korreksjonsfaktorer og estimere Percent Time Spent Following (PTSF) basert på tungtrafikk, stigninger, forbikjøringsmuligheter etc
5. Beregne servicenivå og kapasitet basert på ATS og PTSF
6. Beregne kapasitet basert på utgangskapasitet, korreksjonsfaktorer, ATS og PTSF

Metoden egner seg i liten grad til å beregne avviklingsforhold på moderne norske 2+1 veger. Vi har forsøkt noen beregninger og basert på PTSF, og vi kan antydde følgende servicevolum under ideelle forhold:

<i>Servicenivå SN</i>	<i>Servicevolum SV_{SN}</i>
	<i>kjt/t</i>
A	400
B	600
C	900
D	1200
E	1700

3 Erfaringer fra andre land

Det finnes en del erfaringer med 2+1 veger med midtdeler fra andre land. De viktigste land i denne sammenheng er:

- Sverige
- Finland
- Irland
- Tyskland
- Danmark
- USA

Men det er også gjort forsøk med denne vegtypen i Frankrike, Italia, Spania, England, Sveits og Australia.

Oppsummering av resultater og erfaringer finner vi blant annet i

- Application of European 2+1 Roadway Designs
National Cooperative Highway Research Program (NCHRP)
Project 20-7
April 2003 – number 275
- Operational effects of 2+1 Roadways
Summary
National Cooperative Highway Research Program (NCHRP)
Project 20-7
- Evaluation of 2+1 roads with cable barrier - Final report
VTI report 636 A (2009)
Arne Carlsson, VTI
- VU94 Road Design
English summary
Torsten Bergh, Vägverket (2001)
- Driving behavior on split 2+1 lane road
Advances in Transportation Studies – section B2 (2004)
J. Kaistinen, T. Nieminen, H. Summala
University of Helsinki, Finland
- The implementation of a 2+1 road scheme in Ireland: a case for Australia?
Australasian Road Safety Research, Policing and Education Conference
E Gazzini, Parsons Brickerhoff, Australia (2008)

Rapportene går generelt mye på sikkerhetseffekter av slike veger, men det er også en del opplysninger knyttet til trafikkavvikling:

Finland:

- I Finland benyttes denne vegtypen for ÅDT i området 8.000-14.000, men kapasiteten er en del høyere. Det har blitt målt en kapasitet på rundt 1500-1700 kjt/t i en retning. På enkelte dager har trafikken vært oppe i 20-25.000 kjt/døgn.
- I Finland har de observert forsinkelser ved overgang fra 2 til 1 felt når trafikken er ca 1200-1400 kjt/t. Fartsgrensen er 100 km/t, og flere 2+1 veger har kun oppmerking uten midtdeler.
- Fordelen med forbikjøringsfelt (med hensyn til Percent Time Spent Following) opphører etter ca 3.3 km. Optimal lengde av forbikjøringsfelt er 1.0-1.5 km.

Sverige:

- I Sverige benyttes denne vegtypen for ÅDT i området fra 4000 og opp til 20.000. Fartsgrensen er 80 km/t eller høyere.
- I Sverige har de funnet at slike veger har en kapasitet på 1600-1650 kjt/t regnet for en 15 minutters periode. Dette tilsvarer 1500-1550 kjt/t foren timeperiode. Dette er ca 300 kjt/t lavere enn for tofelts 13 meters veg.
- Målinger fra bil har vist at det er god avviklingskvalitet opp til 1300-1400 kjt/t.
- Det oppstår små forsinkelser for trafikkmengder opp til 1000-1200 kjt/t i en retning.
- Hastigheten på strekninger med forbikjøringsfelt er en del høyere (5-10 km/t) sammenlignet med strekninger med 1 felt.
- Det er overgangen fra 2 til 1 felt (slutten av forbikjøringsfeltet) som utgjør flaskehalsen.

Irland:

- I Irland er det rapportert om en kapasitet gitt som ÅDT verdi på 17250.

Danmark:

- I Danmark er det gjort en del atferdsstudier når det gjelder trafikantatferd ved innsnevring fra 2 til 1 felt.

USA:

- I USA er 2+1 veger anbefalt for opptil 1200 kjt/t i en retning
- I USA er det også gjort simuleringer ved hjelp av simuleringsmodellen TWOPAS

Directional split	Two-way volume (veh/h)	Mean speed (mph)			Percent time spent following			LOS
		Direction 1	Direction 2	Combined	Direction 1	Direction 2	Combined	
50/50	400	60.1	60.1	60.1	23.7	23.2	23.6	A
	800	59.0	58.6	58.8	35.5	38.3	37.0	B
	1,200	58.1	57.8	58.0	42.9	45.1	44.0	B
	1,600	57.3	57.3	57.3	48.7	49.3	49.0	B
	2,000	56.6	56.5	56.6	53.1	53.6	53.3	C
	2,400	56.1	56.0	56.0	56.3	56.7	56.5	C
	2,800	55.3	55.1	55.2	59.7	60.3	60.0	C
60/40	400	59.8	60.3	60.0	26.0	21.3	24.3	A
	800	58.8	59.3	59.0	37.6	32.5	35.6	B
	1,200	57.5	58.2	57.8	46.8	41.4	44.6	B
	1,600	56.7	57.8	57.2	52.7	45.4	49.7	B
	2,000	56.1	57.2	56.5	56.3	49.5	53.6	C
	2,400	55.0	56.8	55.7	60.5	52.9	57.5	C
	2,800	—	—	—	—	—	—	—
70/30	400	59.7	60.5	59.9	28.7	19.1	26.1	A
	800	58.4	59.8	58.8	41.1	26.6	36.9	B
	1,200	57.3	58.9	57.8	49.5	35.6	45.3	B
	1,600	56.3	58.3	56.9	55.4	41.1	51.0	C
	2,000	55.1	57.8	56.0	59.9	45.0	55.3	C
	2,400	—	—	—	—	—	—	—
	2,800	—	—	—	—	—	—	—

Figur 4: Resultat fra simulering av 2+1 veg i USA med kontinuerlig forbikjøringsfelt ved hjelp av simuleringsmodellen TWOPAS

Tyskland:

- I Tyskland er 2+1 veger benyttet for ÅDT mellom 15000 og 25000. Høyeste observerte verdi er 30.000 kjt/døgn. Fartsgrensen er 100 km/t.
- I Tyskland hevdes det at 2+1 veger har omtrent lik kapasitet som brede tofeltsveger, men trafikken avvikles med bedre avviklingskvalitet (servicenivå).

4 Norske registreringer

Vi har sett på 3 aktuelle datasett for norske tofeltsveger som er relevant for å vurdere nye moderne 2+1 veger. De 3 strekningene er:

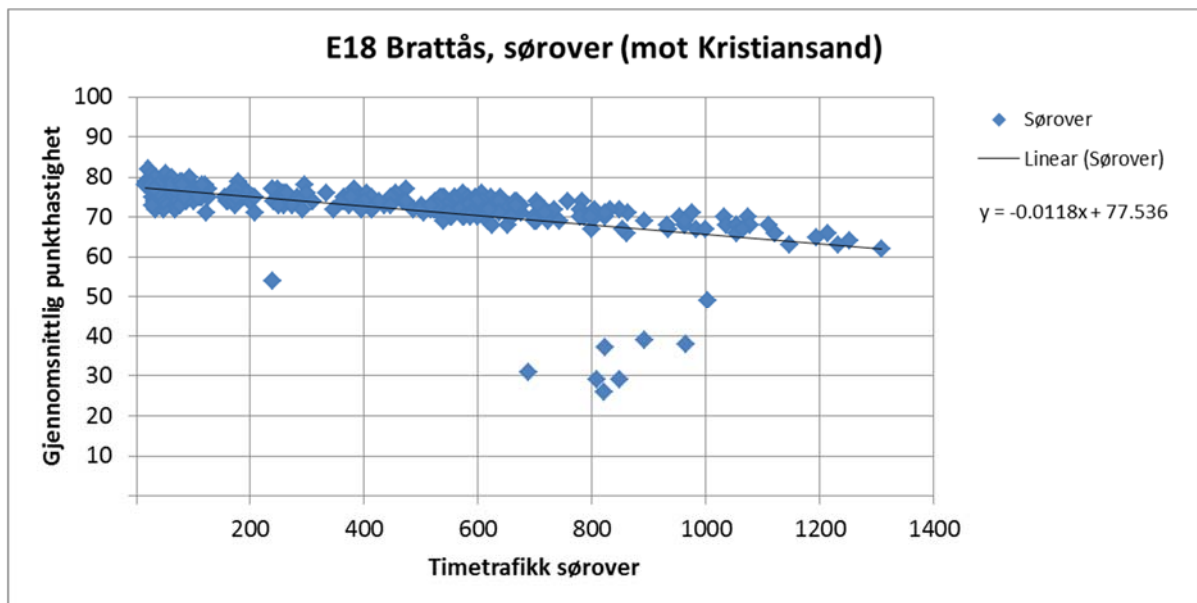
- E18 Brattås, Telemark
- E6 Melhus sør, Sør-Trøndelag
- E6 Væretunellen, Sør-Trøndelag

4.1 E18 Brattås (Telemark)

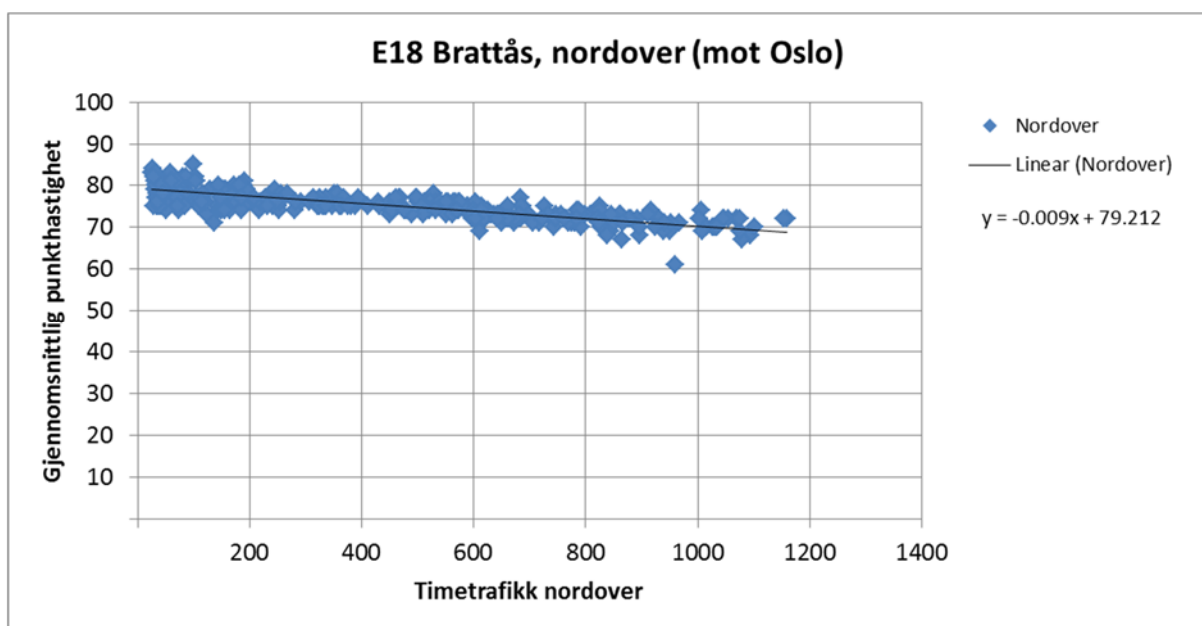
Vegreferanse	E18HP3m1020 (kilometreringsretning sørover mot Kristiansand)
Punkt ID	800123 Brattås
Type strekning	2-felts veg med midtdeler
Fartsgrense	80 km/t
ÅDT 2007	16.146
ÅDT 2013	16.800
Registreringsperiode	06.06.14-19.06.14
Analyseperiode	06.06.14-19.06.14
Registreringsutstyr	Datarec
Andre opplysninger	• Strekningen er merket med ATK-skilt og det er ATK punkt noen hundre meter etter registreringspunktet i begge retninger. • På strekningen er det flere tunneller med fartsgrense 70 km/t selv om det er 80 km/t ved registreringspunktet.



Figur 5: Bilde fra strekningen på E18 ved Brattås i Telemark. Vi ser registreringspunktet på høyre side. Bildet er tatt mot Oslo (mot km-retning). Bildet er hentet fra Google maps.



Figur 6: Gjennomsnittlig punkthastighet som funksjon av timetrafikk. Retning sørover, med km-retning, mot Kristiansand.



Figur 7: Gjennomsnittlig punkthastighet som funksjon av timetrafikk. Retning nordover, mot km-retning, mot Oslo.

Kort oppsummering:

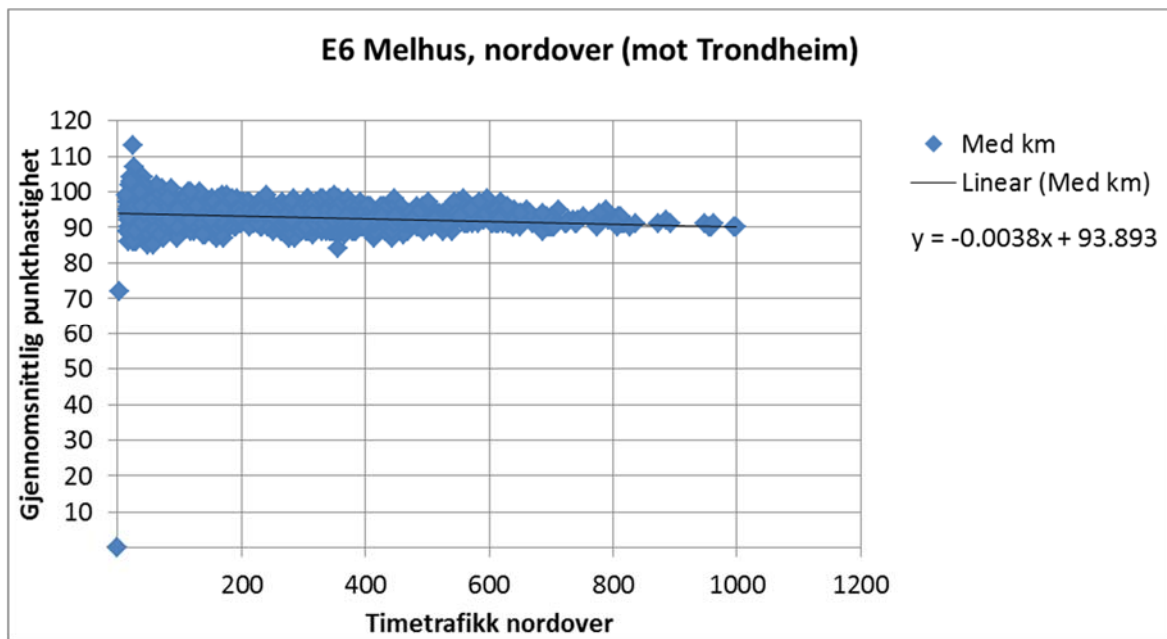
- Gjennomsnittshastigheten er like under fartsgrensen ved liten trafikk.
- Gjennomsnittshastigheten synker med ca 10 km/t ved timetrafikk på 1000 kjt/t.
- Maksimal timetrafikk 1100-1300 kjt/t.
- Enkelte sammenbrudd i sydgående retning, men det behøver ikke å ha direkte sammenheng med forhold rundt registreringspunktet.

4.2 E6 Melhus sør (Sør-Trøndelag)

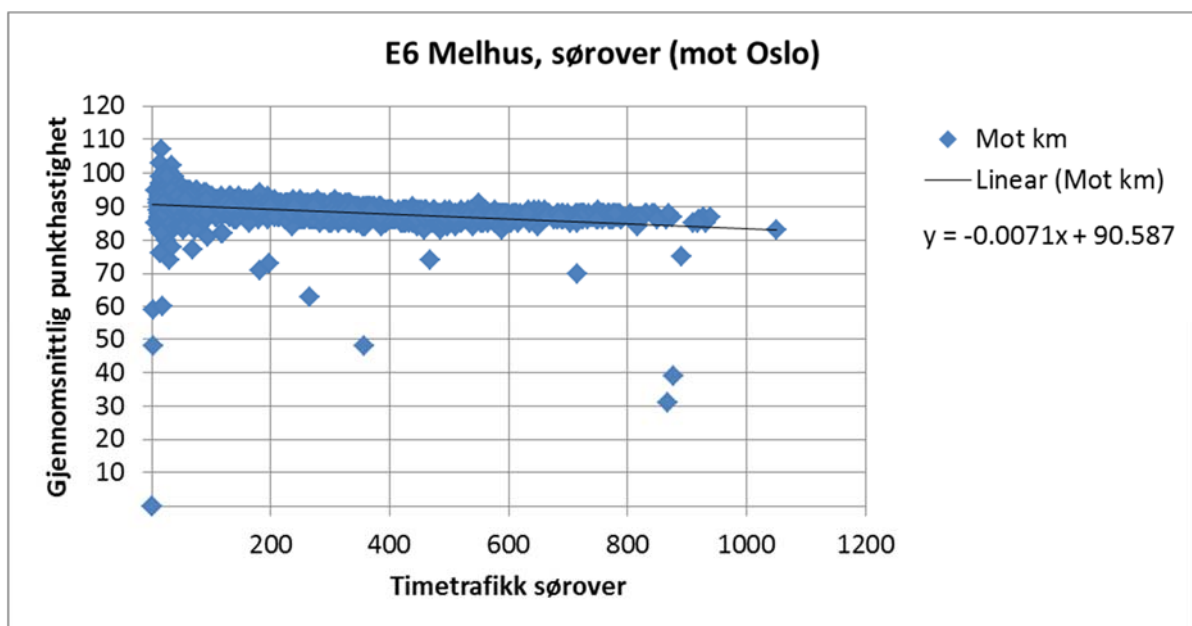
Vegreferanse	E6HP8m6203 (kilometeringsretning nordover mot Trondheim)
Punkt ID	1601440 Melhus Sør
Type strekning	2-felts veg med midtdeler
Fartsgrense	90 km/t
ÅDT 2008	10.482
ÅDT 2013	12.610
Registreringsperiode	01.05.14-31.08.14
Analyseperiode	01.05.14-31.08.14
Registreringsutstyr	Datarec
Andre opplysninger	Punktet ligger like nord for den ca 100 meter lange miljøtunellen, «Hofstadtunellen»



Figur 8: Bilde fra strekningen på E6 ved Hofstadtunellen dør for Melhus i Sør-Trøndelag. Vi ser registreringspunktet like utenfor tunellen på venstre side. Bildet er tatt sørover (mot km-retning). Bildet er hentet fra Google maps.



Figur 9: Gjennomsnittlig punkthastighet som funksjon av timetrafikk. Retning nordover, med km-retning, mot Trondheim.



Figur 10: Gjennomsnittlig punkthastighet som funksjon av timetrafikk. Retning sørover, mot km-retning, mot Oslo.

Kort oppsummering:

- Gjennomsnittshastigheten litt over fartsgrensen ved liten trafikk.
- Gjennomsnittshastigheten synker med ca 5 km/t ved timetrafikk på 1000 kjt/t.
- Maksimal timetrafikk ca 1000 kjt/t.
- Enkelte sammenbrudd i sydgående retning, men det har sannsynligvis ikke direkte sammenheng med forhold rundt registreringspunktet.

4.3 E6 Væretunellen (Sør-Trøndelag)

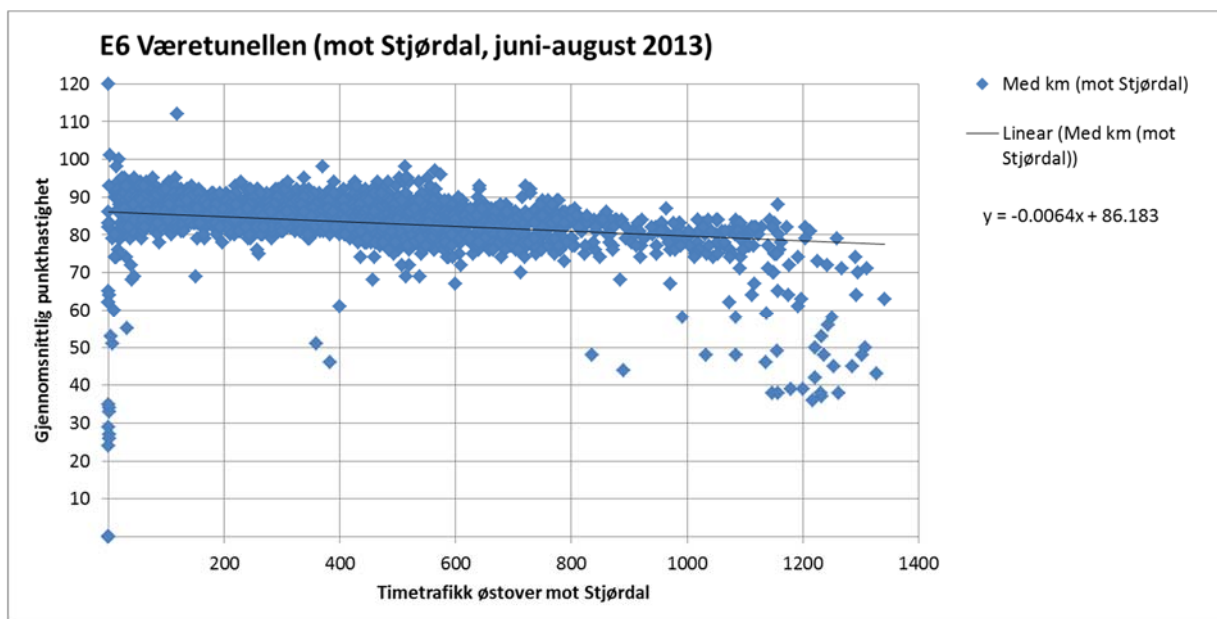
Vegreferanse	EV6HP15m2897 (kilometeringsretning østover mot Stjørdal)
Punkt ID	1601433 Væretunellen
Type strekning	2-felts veg (uten midtdeler)
Fartsgrense	80 km/t
ÅDT 2008	15.574
ÅDT 2013	Ca 18.000
Registreringsperiode	01.01.13-31.12.13
Analyseperiode	01.06.13-31.08.13
Registreringsutstyr	Datarec
Andre opplysninger	• Punktet ligger like vest for Væretunellen • Her er det 2 felt uten midtdeler og fartsgrense 80 km/t • Ca 100 meter lenger mot vest har vegen midtdeler og fartsgrense 90 km/t • Ca 400 meter lenger mot vest er det to felt i retning mot Stjørdal



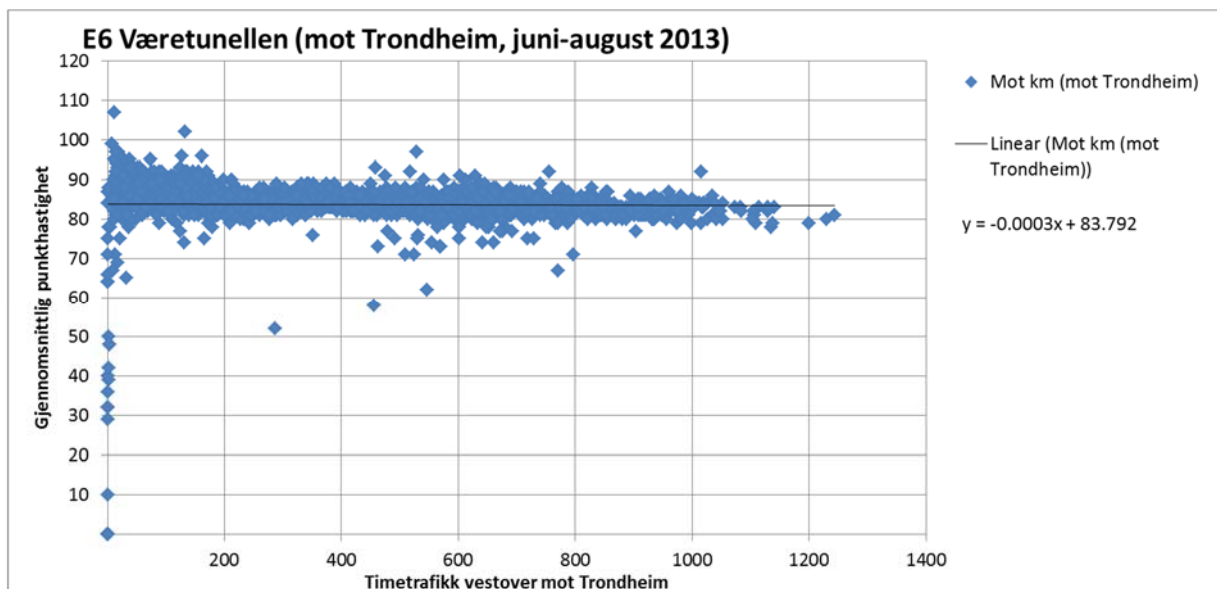
Figur 11: Bilde fra strekningen på E6 ved Væretunellen mellom Trondheim og Stjørdal i Sør-Trøndelag. Vi ser at midtdeleren avsluttes og fartsgrensen blir 80 km/t før tunellen. Bildet er tatt østover (med km-retning). Bildet er hentet fra Google maps.



Figur 12: Tilsvarende bilde som over, men dette bildet er tatt nærmere tunellåpningen. Vi ser registreringspunktet på høyre side. Bildet er hentet fra Google maps.



Figur 13: Gjennomsnittlig punkthastighet som funksjon av timetraffikk. Retning østover, med km-retning, mot Stjørdal.



Figur 14: Gjennomsnittlig punkthastighet som funksjon av timetraffikk. Retning vestover, mot km-retning, mot Trondheim.

Kort oppsummering:

- Gjennomsnittshastighet 4-6 km/t over fartsgrensen ved liten trafikk.
- Gjennomsnittshastigheten synker med ca 1-6 km/t ved timetraffikk på 1000 kjt/t.
- Maksimal timetraffikk ca 1200-1300 kjt/t.
- Enkelte sammenbrudd i østgående retning ved stor trafikk.

5 Modell for å estimere PTSF og servicevolum

I HCM bestemmes avviklingskvalitet på en tofeltsveg ut fra

- gjennomsnittlig strekningshastighet
(HCM benytter begrepet Average Travel Speed, ATS)
- prosentandel av tiden der du følger etter et annet kjøretøy
(HCM benytter begrepet Percent Time Spent Following, PTSF)

PTSF er en strekningsparameter som det i praksis er vanskelig å måle. Vi har derfor utviklet en metode for å estimere PTSF på grunnlag av registreringer i et punkt. Det hadde vært en fordel å ha data fra enkeltkjøretøy, men i dette tilfelle må vi basere oss på timetrafikk.

Metoden kan beskrives i følgende punkt:

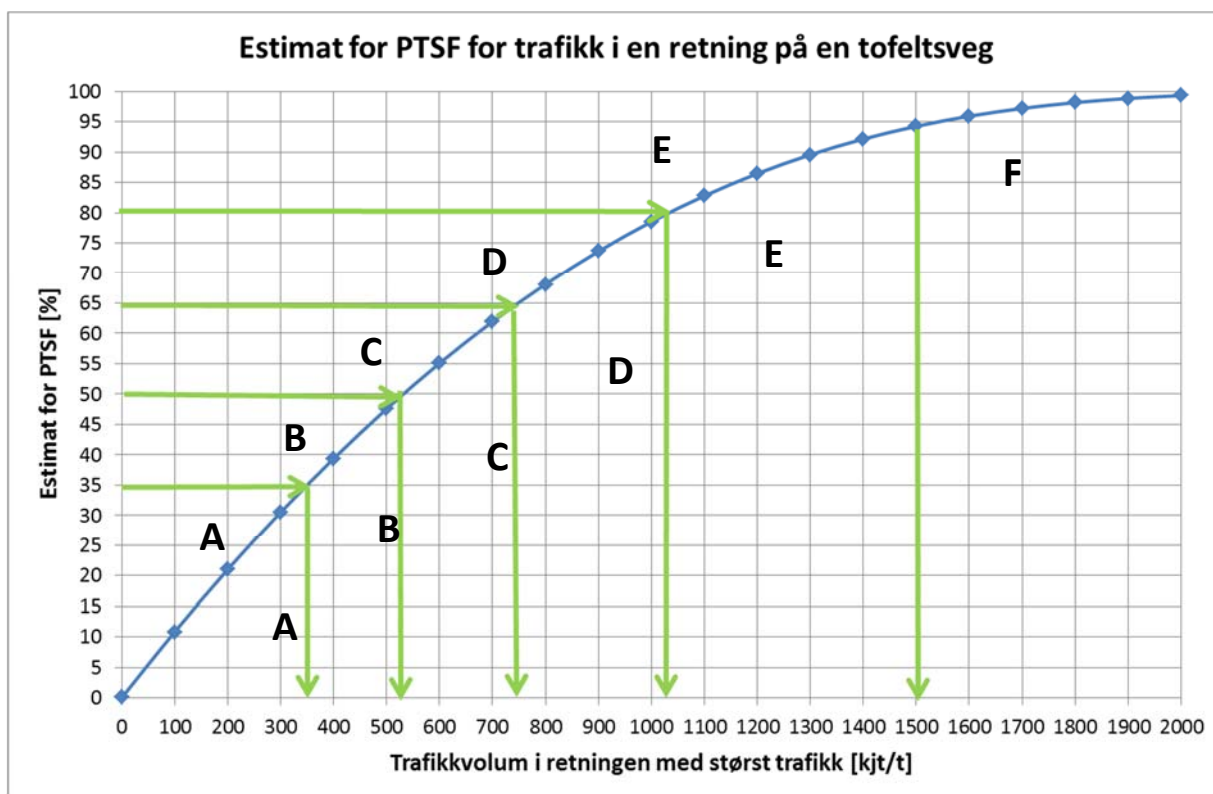
1. Vi starter med en viss timetrafikk q [kjt/t].
2. Ut fra denne beregner vi gjennomsnittlig tidsluke som $\alpha = 3600 / q$ [sek/kjt]
3. Vi beregner også gjennomsnittlig ankomstintensitet λ som $\lambda = 1 / \alpha$ [kjt/sek]
4. Hvis vi antar eksponensialfordelte tidsluker, så kan vi beregne sannsynlighet for en tidsluke mindre enn en viss verdi x som:

$$P(h < t) = 1 - e^{-\frac{t}{\alpha}} = 1 - e^{-\lambda * t}$$

5. I vanlig eksponensialfordeling er det mulig med svært korte tidsluker. Dette er ikke realistisk for en trafikkstrøm som beveger seg i ett kjørefelt. Det er derfor logisk å innføre en minimum tidsluke (T), og vi får en forskjøvet eksponensialfordeling uttrykt som:

$$P(h < t) = 1 - e^{-\frac{t-\tau}{\alpha-\tau}}$$

6. Vi kan benytte dette uttrykket som et estimat for PTSF. Men først må vi bestemme følgende to parametere:
 - a. Minste tidsluke mellom to biler i samme kjørefelt (T)
Det er rimelig å anta at vi vanligvis ikke har tidsluker mindre enn 1 sekund og vi setter derfor T=1 sek.
 - b. Grensetidsluke for når du er påvirket av bilen foran (t)
Vi regner ofte med at du kjører fritt når du har en tidsluke til bilen foran på over 5 sekunder. Ved kortere tidsluke er du til en viss grad påvirket av bilen foran, og vi kan si at du følger dette kjøretøyet. Vi setter derfor t=5 sek.



Figur 15: Modell for å estimere PTSF som funksjon av timetrafikk i retningen med størst trafikk (se beskrivelse av modellen på forrige side). På figuren er det også angitt avviklingskvalitet i form av servicenivå.

Fra figuren over kan vi også lese av grenseverdier for overgang mellom de ulike servicenivåene. I tabellen under er disse verdiene beregnet:

Avviklingskvalitet	PTSF [%]		Trafikkvolum i max retning		Servicevolum
	<i>fra</i>	<i>til</i>	<i>fra</i>	<i>til</i>	
A	0	35	0	350	350
B	35	50	350	530	530
C	50	65	530	750	750
D	65	80	750	1030	1030
E	80		1030	1500	1500
F			sammenbrudd		

6 Konklusjon, anbefalinger og forslag til videre arbeid

Ut fra metoder, beregninger og erfaringer fra Norge og andre land kan vi konkludere med noen anbefalinger:

- Med utforming av en 2+1 veg etter retningslinjene i håndbok N100 bør det være relativt uproblematisk å utvikle en trafikkmengde på 1000 kjt/t i én retning.
- Dette tilsvarer i størrelsesorden servicevolum D (SV_D), altså overgangen mellom servicenivå D og servicenivå E.
- Ved en slik trafikkmengde skal det ikke være fare for sammenbrudd i en normalsituasjon. Men ved reduserte passeringmuligheter, så kan det oppstå lange køer og store forsinkelser ved ulykker, kjøretøyhavari osv.
- Avviklingskvaliteten er noe redusert, men den må likevel karakteriseres som tilfredsstillende:
 - De fleste vil kjøre i en køsituasjon der rundt 80% følger et annet kjøretøy og rundt 20% kjører fritt.
 - En kan forvente at gjennomsnittlig strekningshastighet vil bli redusert med ca 5 km/t i forhold til en situasjon med liten trafikk.
 - Det er usannsynlig at strekningshastigheten vil bli redusert med mer enn 10 km/t.
 - I praksis vil sannsynligvis gjennomsnittlig strekningshastighet ligge rundt eller noe over fartsgrensa ved liten trafikk og noe under fartsgrensa ved stor trafikk.
 - Avviklingskvaliteten også være sterkt avhengig av tungtrafikk, stigning og forbikjøringsfelt. Det anbefales å gjøre egne vurderinger av dette. Ved fartsgrense på 90 km/t så vil også fartssperren på tunge kjøretøy ha en effekt på avviklingen. Særlig i stigninger vil tunge kjøretøy og andre mer saktegående kjøretøy opparbeide en lang tidsluke foran og samle opp kø bak. Med begrensede forbikjøringsmuligheter så vil dette redusere kapasitet og avviklingskvalitet.
- Selv om vi setter en grense på 1000 kjt/t i en retning, så betyr ikke det at det automatisk blir problemer med noe høyere trafikk. Sannsynligvis vil det gå bra med en trafikkmengde på opptil 1300 kjt/t, men avviklingskvaliteten vil bli redusert og faren for sammenbrudd øker når en nærmer seg kapasitetsgrensen på rundt 1500 kjt/t.

Vi har hittil sett på trafikken i retningen med mest trafikk. I rushtida kan det være rimelig å anta en retningsfordeling på $2/3 - 1/3$, altså at $2/3$ av trafikken går i retningen med mest trafikk. Med en anbefalt øvre grense på 1000 kjt/t i en retning, så vil det si 500 kjt/t i den andre retningen. Totalt kan vi regne med en trafikkmengde på 1500 kjt/t for begge retningene til sammen. Det er tilstrekkelig kapasitet til en del større trafikk, men det er ikke realistisk med en tilnærmet lik retningsfordeling i perioder med stor trafikk.

Vi har hittil kun sett på timetrafikk. I vegnormalsammenheng ønsker en ofte å forholde seg til ÅDT. Da må vi ta hensyn til trafikkvariasjon over døgnet, ulike ukedager og ulike uker i året. Det virker rimelig å anta at en slik timetrafikk utgjør 8-12% av ÅDT:

<i>Timetrafikk</i>	<i>Andel</i>	<i>ÅDT</i>
1500	8%	18.750
1500	9%	16.700
1500	10%	15.000
1500	11%	13.600
1500	12%	12.500

Ut fra dette virker det rimelig å anbefale en andel på 10% og en øvre ÅDT grense for 2+1 veg på 15.000.

Selv om andelen skulle være noe større enn 10%, så vil det sannsynligvis ikke føre til store problemer, se tabellen under. Avviklingskvaliteten kan bli noe redusert i de mest belastede periodene, men det bør ikke bli sammenbrudd i trafikken i en normalsituasjon uten spesielle hendelser. Hvis andelen nærmer seg 15%, så vil trafikken i retningen med størst trafikk ligge rundt kapasitetsgrensen ved en slik retningsfordeling.

<i>ÅDT</i>	<i>Andel</i>	<i>Sum begge retninger</i>	<i>Retning 1</i>	<i>Retning 2</i>
15.000	10 %	1500	1000	500
15.000	11 %	1650	1100	550
15.000	12 %	1800	1200	600
15.000	13 %	1950	1300	650
15.000	14 %	2100	1400	700
15.000	15 %	2250	1500	750

Litteratur:

- Highway Capacity Manual (HCM)
2010 utgave
Transportation Research Board, Washington, 2010
(særlig kap 15 Two-Lane Highways har vært mest relevant for dette prosjektet)
- Håndbok N100 Veg- og gateutforming
Vegdirektoratet, Statens vegvesen 2014
- ÅDT-grenser.
Gjennomgang av ÅDT-grenser i ulike land og forslag til inndeling i ny Håndbok 017.
SINTEF rapport STF22 A03329, Trondheim, desember 2003
Terje Giæver og Arvid Aakre
- Forbikjøring
Grunnlag for revisjon av Håndbok 017 Veg- og gateutforming
SINTEF rapport STF22 A04318, Trondheim, mars 2004
Vilhelm Børnes, Kristian Sakshaug og Arvid Aakre
- Grunnlag for utforming av fartsendingsfelt i Håndbok 017 Veg- og gateutforming
Terje Giæver og Arvid Aakre
- Kapasitet på vegstrekninger
Statens vegvesen, håndbok 159, Oslo, oktober 1990
- Monograph of Traffic Flow Theory
November 1997
Edited by Nathan H Gartner, Carroll J Messer and Ajay K Rath
- Description, Validation and Use of a Model to Estimate Speed Profile of Heavy Vehicles in Grades, Procedia - Social and Behavioral Sciences, Volume 16, 2011, Pages 409–418, 6th International Symposium on Highway Capacity and Quality of Service
Vilhelm Børnes og Arvid Aakre
- ITS Terminology, NVF Report no 3/2012, Helsingfors, Finland, 2012
Aakre, Appel, Kronborg, Wendelboe, Yde
- Traffic Flow Fundamentals
Prentice-Hall, New Jersey, 1990
Adolf D May

- Application of European 2+1 Roadway Designs
National Cooperative Highway Research Program (NCHRP)
Project 20-7
April 2003 – number 275
- Operational effects of 2+1 Roadways
Summary
National Cooperative Highway Research Program (NCHRP)
Project 20-7
- Evaluation of 2+1 roads with cable barrier - Final report
VTI report 636 A (2009)
Arne Carlsson, VTI
- VU94 Road Design
English summary
Torsten Bergh, Vägverket (2001)
- Driving behavior on split 2+1 lane road
Advances in Transportation Studies – section B2 (2004)
J. Kaistinen, T. Nieminen, H. Summala
University of Helsinki, Finland
- The implementation of a 2+1 road scheme in Ireland: a case for Australia?
Australasian Road Safety Research, Policing and Education Conference
E Gazzini, Parsons Brickerhoff, Australia (2008)