

Trafikkavvikling gjennom anleggsområder

Øystein Gakkestad

Bygg- og miljøteknikk

Innlevert: juni 2016

Hovedveileder: Arvid Aakre, BAT

Noregs teknisk-naturvitskaplege universitet
Institutt for bygg, anlegg og transport



Oppgavens tittel: Trafikkavvikling gjennom anleggsområder	Dato: 09.06.2016		
	Antall sider (inkl. bilag): 88		
	Masteroppgave	X	Prosjektoppgave
Navn: Øystein Gakkestad			
Faglærer/veileder: Arvid Aakre			
Eventuelle eksterne faglige kontakter/veiledere:			

Ekstrakt:
Denne masteroppgåva er skriva våren 2016 for institutt for bygg, anlegg og transport ved Norges Teknisk Naturvitenskapelige Universitet (NTNU). Masteroppgåva er den avsluttande oppgåve for det femårige sivilingeniørprogrammet, bygg- og miljøteknikk og vektast med 30 studiepoeng.

Formålet med denne masteroppgåva er å finne ut korleis byggherre, konsulentar og entreprenørar arbeider for å sikre ei god trafikkavvikling gjennom anleggsområder, og å samle inn data om korleis dei faktisk nyttar skyttelsignalanlegg til trafikkdirigering forbi eit anleggsarbeid. Eit analyseverktøy er i tillegg utvikla med tanke på å analysere innsamla data, men som også skal kunne fungere som eit hjelpemiddel for entreprenørar som skal setje opp skyttelsignalanlegg. Fyrste delen av arbeidet var å utvikle analyseverktøy, samt utføre feltobservasjon av fire ulike anlegg, der to nytta detektorstyrte skyttelsignalanlegg, eit tidsstyrt skyttelsignalanlegg, og det siste nytta manuell dirigering. Resultata frå feltarbeidet og analysane syner at skyttelsignalanlegga er satt ut med tanke på å vere robuste, i staden for å optimalisera. For tre av anlegga er det kome med forslag til optimaliserte tider, samt kva tidsbesparelsen for køyretøya er. Det eine anlegget var under manuell dirigering, så der er forslag til korleis ein bør programmere eit skyttelsignalanlegg presentert. Andre delen av arbeidet var intervju av byggherre, skiltmyndighet, konsulentar og entreprenørar. Resultata frå intervjuet er at byggherren er oppteken av at trafikken flyt jamt forbi utan særleg opphald, i staden for å arbeide mot å optimalisere trafikkavviklinga. Konsulentar er svært lite involvert, og derfor er mykje kunnskap som kunne vore nytta til å gi betre trafikkavvikling utan særleg meirkostnad, unytta. Entreprenørane har ulike preferansar på kva type skyttelsignalanlegg dei nyttar ut frå kompetanse, tidsbruk ved oppsetting, driftssikkerheit og trafikkvolum. Same gjeld kva type arbeidsvarslingsplanar dei nyttar, der dei vel ulikt ut frå omsyn til fleksibilitet og risikovurdering.

Ut frå dette studiet bør ein gå vidare med å undersøke fleire anlegg med høg trafikkmengde, for å undersøke om den teoretiske optimaliseringa fungerer i røyndomen, og for å sjå at dei nye optimaliserte tidene taklar trafikkvariasjonane som er. Ein bør også arbeide vidare med å sjå på korleis ein kan inkludere konsulentar i arbeidet med trafikkavvikling gjennom anleggsområder, samt få eit større fokus hjå byggherre og entreprenørar når det gjeld å optimalisere skyttelsignalanlegg.

Stikkord:

1. Trafikkavvikling
2. Vegarbeid
3. Skyttelsignalanlegg
4. Intervju

(sign.)

Trafikkavvikling gjennom anleggsområder

Vitskapleg artikkel

Øystein Gakkestad

Arvid Aakre

09.06.2016

Abstrakt

Formålet med denne masteroppgåva er å finne ut korleis byggherre, konsulentar og entreprenørar arbeider for å sikre ei god trafikkavvikling gjennom anleggsområder, og å samle inn data om korleis dei faktisk nyttar skyttelsignalanlegg til trafikkdirigering forbi eit anleggsarbeid. Eit analyseverktøy er i tillegg utvikla med tanke på å analysere innsamla data, men som også skal kunne fungere som eit hjelpemiddel for entreprenørar som skal setje opp skyttelsignalanlegg. Fyrste delen av arbeidet var å utvikle analyseverktøy, samt utføre feltobservasjon av fire ulike anlegg, der to nytta detektorstyrte skyttelsignalanlegg, eit tidsstyrt skyttelsignalanlegg, og det siste nytta manuell dirigering. Resultata frå feltarbeidet og analysane syner at skyttelsignalanlegga er satt ut med tanke på å vere robust, i staden for å optimalisera. For tre av anlegga er det kome med forslag til optimaliserte tider, samt kva tidsbesparelsen for køyretøya er. Det eine anlegget var under manuell dirigering, så der er forslag til korleis ein bør programmere eit skyttelsignalanlegg presentert. Andre delen av arbeidet var intervju av byggherre, skiltmyndigheit, konsulentar og entreprenørar. Resultata frå intervjuet er at byggherren er oppteken av at trafikken flyt jamt forbi utan særleg opphald, i staden for å arbeide mot å optimalisere trafikkavviklinga. Konsulentar er svært lite involvert, og derfor er mykje kunnskap som kunne vore nytta til å gi betre trafikkavvikling utan særleg meirkostnad, unytta. Entreprenørane har ulike preferansar på kva type skyttelsignalanlegg dei nyttar ut frå kompetanse, tidsbruk ved oppsetting, driftssikkerheit og trafikkvolum. Same gjeld kva type arbeidsvarslingsplanar dei nyttar, der dei vel ulikt ut frå omsyn til fleksibilitet og risikovurdering. Ut frå dette studiet bør ein gå vidare med å undersøke fleire anlegg med høg trafikkmengde, for å undersøke om den teoretiske optimaliseringa fungerer i røyndomen, og for å sjå at dei nye optimaliserte tidene taklar trafikkvariasjonane som er. Ein bør også arbeide vidare med å sjå på korleis ein kan inkludere konsulentar i arbeidet med trafikkavvikling gjennom anleggsområder, samt få eit større fokus hjå byggherre og entreprenørar når det gjeld å optimalisere skyttelsignalanlegg.

Introduksjon

Det er 2600 milliardar NOK i etterslep på norsk infrastruktur (RIF 2015). Dette, saman med at det vert løyva 31155 millionar NOK i Norsk transportplan 2014 – 2024 til veg betyr at det kjem til å kome mykje vegarbeid i framtida (Det Kongelige Samferdselsdepartement 2013). Dette medfører at ein vil få større trafikale forseinkingar under anleggsarbeidet. I følge Chin mfl. (2004, s. 91) var anleggsarbeid ansvarleg for 24,3% av all forseinkingar på amerikanske motor- og hovudvegar i

1999. For samfunnet betydde det eit tap på 13,365 milliardar dollar i 1999. Framsteg har det vore, då 10% av all kø i USA kom frå anleggsarbeid, og gav eit samfunnstap på 7,8 milliardar i 2005 (Alterawi og Yousif 2014).

Alterawi og Yousif (2014) har sett på bruk av mikrosimulering av trafikken forbi eit anlegg på ein tofeltsveg, der eit felt er stengt. Ved rett innstilling av et detektorstyrt skyttelsignalanlegg kunne dei auke kapasiteten med 3,5% i forhold til standardinnstillingar, samt at gjennomsnittleg forseinking gjekk ned med 11%. For eit tidsstyrt signalanlegg auka kapasiteten til 11%, og gjennomsnittleg forseinking redusert med 25%. Nyttar ein seg av detektorstyrt skyttelsignalanlegg kan ein auke kapasiteten med 4% om ein aukar detektoravstanden frå 40 til 80 meter.

I Noreg vert handbok N301 nytta til å bestemme tømmeid, effektiv grøntid og omløpstid for tidsinnstilte signalanlegg, samt ei anbefaling om minste og største effektive grøntid for trafikkstyrt signalanlegg (Statens Vegvesen 2014a, s. 105 - 106). Ein kan som regel nytte skyttelsignalanlegg for trafikkvolum opp mot 600 kjt/t og tømmeid opp til 10 sekund. Ved aukande tømmeid anbefalar N301 gå ned i trafikkvolum, om ein skal nytte skyttelsignalanlegg. Derfor er det slik at for tettbygde strok nyttar ein heller manuell dirigering som kan fungere endå betre, samt lettare tek opp dei trafikkale endringane i løpet av dagen.

Målet for denne artikkelen er å kartlegge korleis entreprenørar programmerar sine skyttelsignalanlegg, faktisk metningsgrad, metningsvolum, tømmeid, effektiv grøntid og omløpstid. Ein liten presantesjon av formelverket som analyseverktøyet nyttar seg av er i tillegg utgreia. Den andre delen av artikkelen tek for seg korleis byggherre, prosjektørar og entreprenørar arbeidar og planlegg for god trafikkavvikling gjennom anleggsområder.

Metode

Kvantitativ undersøking - Feltarbeid

Forarbeid

For å vite korleis skyttelsignal programmerast og nyttast av entreprenørar vart Euroskilt Trondheim kontakta for ei visning. Hjå Euroskilt vart det ein introduksjon i korleis deira skyttelsignal fungerer. Dei har to måtar å programmere skyttelsignala: basic og avansert. Basic er at ein legg inn lengda på anlegget, ut frå dette reiknar skyttelanlegget ut tømmeida med ei hastigheit på 30 km/t og eit tillegg på 5 sekund. Anlegget kjem med ei minste effektiv grøntid på 13 sekund og ei maksimal

effektiv grøntid på 250 sekund. Basic er måten dei fleste entreprenørane nyttar til å programmere skyttelsignalanlegget. To av entreprenørane på anlegga som vart undersøkt oppgav at dei nytta enkel programmering. For å korrigere at dei hadde 50 km/t gjennom sine anlegg i staden for 30 km/t, korrigerde dei med å legge inn ekstra lengde. Avansert programmering har fleire moglegheiter til å endre minimal- og maksimal effektiv grøntid, luketid mellom kvar køyretøy for at signalet framleis skal gjeve grønt ljøs, gultid og tømmeid for strekket.

Modeleringsarbeid

Til å kunne analysere data-en som er samla inn under feltarbeidet, raskt og presist, er eit analyseverktøy utvikla. Dagens hjelp til fastsetting av tømmeid, omløpstid, effektiv grøntid og effektiv raudtid i Statens Vegvesen (2014a, s. 105-106) er ikkje særleg lett å forstå eller lett å nyttiggjere seg av om ein ikkje har same trafikkvolum og metningsgrad. Derfor er ein Excelmodellen "Skyttelsignalhjelpa" utvikla basert på formelverket i vedlegg, *Formelverk*, side 24.

Sidan programmering av skyttelsignalanlegg skjer ute på anlegga, er behovet for ein portabel modell gjort gjeldande. Difor er det utvikla ein Android basert app som fungerer på alle plattformar som nyttiggjer seg av Android. Appen tek inn og leverer tilbake dei same parameterane som Excelmo-

Desimaler = 0		Retning A	Retning B
Relativ metning	y	0	0
Tømmeid	T	20	20 sek
Tapt tid per omløp	L	46	sek
Omløpstid	c	66	sek
Raudtid	r	56	56 sek
Grøntid	g	10	10 sek
Metta grøntid	gs	9	9 sek
Umetta grøntid	gu	1	1 sek
Kapasitet	k	228	228 kjt/t
Total gj.sn forsinkelse	d	62	62 sek/kjt
Største gj.sn kø	Lm	5	5 kjt

Figur 1: Utrekna resultat i appen

dellen gjer, samt nyttar seg av det same formelapparatet som er vist i vedlegget, *Formelverk*, side 24. Appen kjem med ein grundig hjelpefunksjon som fortel korleis ein registrerar parameterar og fyller dei inn. Nokre parameterar kjem med ferdig utfylte forslag til optimale verdiar. Fordelen med denne appen er at ein i tillegg har store utviklingsmøglegheitlar, med å kunne legge inn GPS måling av anlegget til beregning av tømmeid. Møglegheita til å kunne filme køar og få appen til å rekne ut metningsvolum kunne vore mogleg med meir tid. For å sikre at appen ikkje har reknefeil, er den testa mot figur 3.4.3 i Statens Vegvesen (2014a, s. 106).

Når det gjeld eksisterande programvare, er det i følge Elefteriadou mfl. (2008) to forskjellige program ein kan nytte til å undersøke effekten av å redusere tal på felt ved eit vegarbeid: *Queue and User Cost Evaluation of Work Zones*(QUEWZ) og *QuickZone*. QUEWZ kan analysere trafikkflyten gjennom eit anlegg når ein stenger felt. Dette er til hjelp for å estimere kølengder, og ekstra kostnader for sjåførane. QuickZone kan nyttast til å estimere forseinkingar i forbindelse med trafikkarbeid, både for rushtid og vanleg trafikk. QuickZone blir brukt i Excel, og skal vere raskt å nytte for å få resultat som ein kan nytte i planlegginga av arbeidet. Sidan det er entreprenørar som hovudsakleg tek seg av trafikkavviklinga i Noreg ved anleggsarbeid, vil nok slike program vere for vanskeleg å nytte seg av for ein entreprenør. Derfor er ikkje vidare studiar rundt desse programma utført. Eit meir realistisk system hadde vore den danske standarden, som er at om ein forventar kø på opp mot 10 minutt eller over, så skal det lagast ei kapasitetsberekning (Skoven Pedersen og Wegener Moltved 2014). Hadde ein hatt eit slikt system ville ein kunne også fått inkludert konsulentbransjen, og dei som sit på den faglege tyngda.

Registrering av metningsvolum

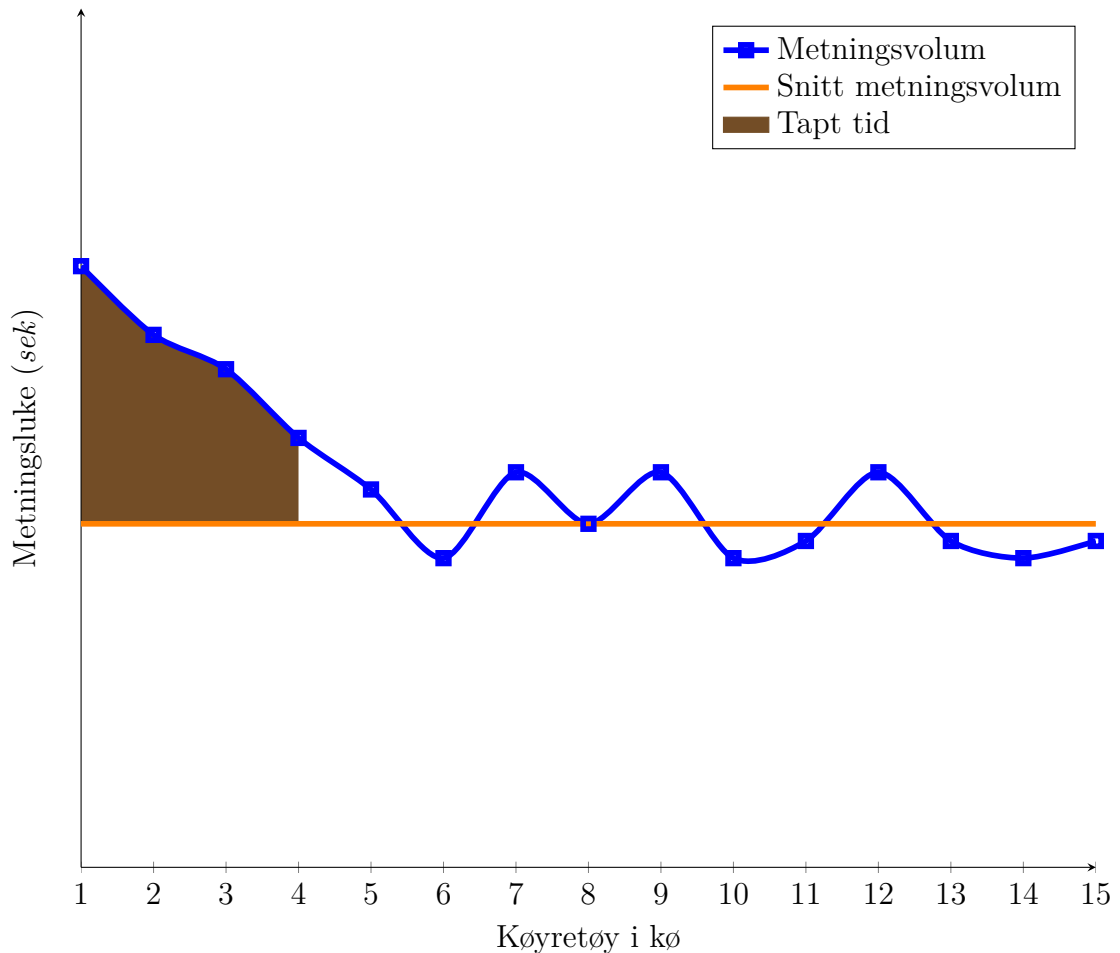
I følge Bester og Varndell (2002) er metningsvolum definert som følgande:

$$s = \frac{3600}{h} \quad (1)$$

Som vist i formel 1 er metningsvolumet avhengig av metningsluka h . Altså kor stor tidsluke det er mellom fronten på fyrste registrerte køyretøy til fronten på siste køyretøy, delt på antall køyretøy n . For dei fyrste køyretøya som skal køyre inn i eit anlegg vil denne luka gjerne vere større enn gjennomsnittleg metningsluka på grunn av ulike grunnar som:

- Reaksjonstid mellom kvar enkelt sjåfør

- Køyretøy type, og gradient på vegbanen
- Psykologiske faktorar som utolmogigheit, erfaring og kor skjerpa ein er
- Distraksjonar som radio og mobilar
- Hindringar i vegbanen



Figur 2: Eksempel på fordeling av metningsluker

Ut frå desse faktorane vil ei totalt tapt tid for dei fyrste køyretøya i ein metta kø vere rundt to sekund, men kan variere mellom null og åtte sekund (Bester og Varndell 2002). Eit eksempel kan vere at dei seks fyrste køyretøya hadde i snitt ei metningsluka på 2,25 sekund mellom seg, medan dei ti neste hadde 2,0 sekund mellom seg. Tapt tid for dei seks køyretøya vert: $(2,25 - 2,0) * 6 = 1,5$ sekund.

Ved registrering av køane ved dei ulike anleggsområda er køane dokumentert med

video, og så analysert. Dei metta køane er registrert ved videoopptak med tal på køyretøy, inkludert tunge køyretøy og tida frå køyretøy 1 passerar til køyretøy n , passerar. Ut frå dette er metningsluke og metningsvolumet bestemt. Som ein ser i eksempelet og i figur 2, gjev denne metoden ein usikkerheit, då tapt tid i starten er med. Dessverre var trafikkvolumet for Engelåsvegen og Rv3 så lågt at ein ikkje fekk noko særleg med køar. Derfor måtte køar på tre til fire køyretøy medreknast. I Oslo og i Kong Øysteins veg vart denne tapt tida kompensert for med å ta med svært mange køyretøy, samt redusere tapt tid ved å la køyretøya komme litt opp i fart då registreringa starta.

Feltarbeid

Den største utfordringa med feltarbeidet har vore å finne anlegg å undersøke, då feltarbeid var planlagt i februar/mars. I Noreg er det svært lite vegarbeid om vinteren, noko som betydde at det var ikkje før seint på våren at det var fleire anlegg ein kunne undersøke. Det har i tillegg vore stor mangel på anlegg med eit trafikkvolum som kan gi lengre køar som må avviklast. I mangel på store anlegg i Trøndelag er eit feltarbeid utført i Oslo, der trafikkvolumet var svært stort, og arbeidet var under manuell dirigering. Ikkje før seint i mai har det vore mogleg å finne eit anlegg i Trøndelag med skyttelsignalanlegg og eit stort trafikkvolum.

Data til analysearbeidet er samla inn ved feltarbeid ute på fire forskjellige anlegg: Engelåsvegen, Rv3 ved Innset, Østensjøveien bro over Brynstunnelen og Kong Øysteins Veg. Utstyret som er nytta til å samle inn data var kamera som filma trafikken over stopplinja, manuell teljar til å kartlegge trafikkvolumet og meterhjul til å fastsette lengda på anlegget. For Engelåsvegen, Østensjøveien bro og Kong Øysteins veg er berre kamera i ei retning nytta, medan kamera i kvar retning er nytta ved Rv3. Fordelen ved to kamera er at ein får overvaka begge retningar, og ein kan måle tømmeid om kamerane er synkronisert. Opptaka frå kamerane er nytta til å fastsetje metningsvolumt for Engelåsvegen, Østensjøvegen og Kong Øysteins veg, samt faktisk tømmeid for Rv3. For å finne programmert tømmeid for Engelåsvegen og Rv 3, er omløp utan køyretøy registrert. Ut frå registrert effektiv grøntid og omløpstid kan ein rekne ut programmert tømmeid. Ved anlegget i Kong Øysteins veg er tida frå signalet gjekk i raudt på den eine sida, til køyretøya på andre sida starta å reagere, målt. Denne metoden har sjølv sagt ei større uvisse, men ved å måle mange nok omløp gjev det stabile resultat for tømmeida.

Østensjøveien bro var den einaste lokaliteten med manuell dirigering. Difor er det ikkje noko programmert tømmeid, men at trafikkdirigentane kommuniserer når siste køyretøy har passert. Kva den faktiske tømmeida var, er ikkje registrert då å nytte to kamera utan oppsyn kunne føre til at nokon ville stele det eine kameraet,

og ein heller ikkje hadde eit ordentleg utsiktspunkt til å måle faktisk tømmeid.

Analysearbeid

Ynskja metningsgrad må oppgjevast for å kunne utføre ei analyse, vist i formel (5), side 24. Metningsgrad er definert som forholdet mellom trafikkvolum og kapasitet for anlegget. Å oppgi ynskja metningsgrad, er altså ein nødvendighet for å rekne ut omløpstida for anlegget. Eit viktig aspekt er at om ein aukar ynskja metningsgrad får ein lågare effektiv grøntid, som vidare betyr høgare metningsgrad. For Engelåsvegen og Rv3 vart dei målte verdiane tatt inn i modellen, og analysert ved ei ynskja metningsgrad på 0,8, medan Kong Øysteins veg vart analysert med ynskja metningsgrad 0,7. Då Engelåsvegen og Rv3 nytta detektorstyrt skyttelsignalanlegg, var analysa hovudsakleg basert på endring av minste effektive grøntid og endring av tømmeida. I Kong Øysteins veg vart tidsstyrt skyttelsignalanlegg nytta, så her gjekk analysen i å optimalisere effektiv grøntid, effektiv raudtid og tømmeid.

Anlegget på Østensjøveien bro nytta manuell dirigering, som ikkje gav noko direkte samanlikningsgrunlag om ein skulle optimalisere eit skyttelsignalanlegg. Istaden vart analysen utført for kome med eit forslagt til kva effektiv grøntid, effektiv raudtid og omløpstid kunne ha vore.

Kvalitativ undersøking - Intervju

Eit intervjustudie skulle kartlegge korleis byggherre, konsulentar og entreprenørar planlegg og arbeider for å få god trafikkavvikling gjennom anleggsområder. Ein intervjuguide til byggherre og entreprenør er skriva basert på litteraturen om emne i handbok N301. Intervjuguiden er skriva basert på at intervjuar skulle utførast over telefon, og hadde difor eit munnleg preg. Ein var ute etter å få svar på sjølve spørsmåla, men også at ein ut frå svara skal kunne følgje opp med relevante oppfølgingsspørsmål. I følge Dalland (2000) bør ein sende ut ein slik intervjuguide på førehand slik at intervjuobjektet kan førebu seg. For dette tilfellet vart ikkje intervjuguiden sendt på førehand, slik at intervjuobjekta måtte svare ut frå den kunnskapen dei innehar, utan mogligheit for å kunne lese seg opp før intervjuet.

Intervjuguiden til entreprenørane omhandla arbeidsvarslingsplanar, og korleis dei tek omsyn til trafikkavvikling. Spørsmål angående skyttelsignalanlegg og programmering av dei, samt andre måtar å styre trafikken forbi anleggsarbeid er diskutert. Avslutningsvis var det spørsmål angående variable trafikkskilt til endring av fartsgrenser, og om dei kunne tenkt seg ein app til programmering av

skyttelsignalanlegga. Det er intervjuet to personar som arbeider med trafikkavvikling og anleggsarbeid for to av dei største entreprenørane i landet. Mange andre entreprenørar er kontakta, utan å få svar tilbake.

Byggherren har ansvar for å følgje opp arbeidet dei har planlagt, noko som speglar spørsmåla. Mykje av spørsmåla handla difor om arbeidsvarslingsplanar, trafikkavvikling og korleis dei følger opp entreprenørar, når det gjeld trafikkavvikling gjennom anlegget. Dei andre spørsmåla omhandlar skyttelsignalanlegg, programmering av dei, og om ein app kan vere nytta til programmering av skyttelsignalanlegga. For byggherren er ein byggeleiar og ein representant for trafikkseksjonen intervjuet.

På bakgrunn av N301 som aldri omtalar konsulentar i arbeidet med trafikkavvikling gjennom anleggsområder, er heller ein mail med spørsmålet: *I kva grad er konsulentar involvert i arbeidet med å sikre god trafikkavvikling gjennom anleggsområder, og korleis?* sendt for å undersøke i kva grad konsulentar er involvert for å sikre god trafikkavvikling for eit anlegg. Sidan svaret er at dei er lite involvert, vart ingen intervjuguide laga, men heller at to konsulentar frå to store konsulentfirma var invitert til ein diskusjon om kva konsulentar gjer og kva dei kunne ha tilført eit anlegg, når det gjeld forbetring av trafikkavvikling.

Resulat

For resultatene ved dei ulike anlegga er *trafikkvolum*, *metningsvolum* og *metningsluke* målte parameterar i felt. I kolumna *Ikkje optimalisert*, er *tømmetid*, *effektiv grøntid*, *effektiv raudtid* og *omløpstid* målt, medan *metningsgrad* og *forseinking* utrekna. *Optimalisert* nyttar seg av same *trafikkvolum*, *metningsvolum* og *metningsluke* som *Ikkje optimalisert*, men som reknar ut resten av dei andre parameterane. Alt er rekna ut i Excelmodellen "Skyttelsignalhjelpa".

Fv 877 - Engelåsvegen

Engelåsvegen strekk seg frå Bratsbergvegen i sør, til Bergheimsvegen i nord i Trondheim kommune. Vegen har eit lite trafikkvolum, med 150 i ÅDT og 0% tungtrafikkandel, (Statens Vegvesen 2016). Det vart registrert 54 kjt/t som køyrde mot Jonsvatnet og 11 kjt/t mot Bratsberg. Ut frå video-opptak vart metningsvolumet reikna ut ved at ein hadde fire køyretøy som bruka 9,8 sekund over stopplinja. Dette gjev ein avstand på 2,45 sekund mellom kvart køyretøy som betyr 1470 kjt/t i metningsvolum. Det var ein kø på tre køyretøy, som bruka 5,7 sekund, som gir 1,90 sekund metningsluke og metningsvolum på 1900 kjt/t. Interpolerar ein

mellom 2,35 og 1,90 sekund, får ein ei metningsluke på 2,13 sekund. Dette gjev eit metningsvolum på 1690 kjt/t. I analysa er det er nytta ein ynskja metningsgrad på 0,8.

Parameter	Eining	Ikkje optimalisert		Optimalisert	
		Retning Jonsvatnet	Retning Bratsberg	Retning Jonsvatnet	Retning Bratsberg
Trafikkvolum	$\frac{kJt}{t}$	54	11	54	11
Metningsvolum	$\frac{kJt}{t}$		1690		1690
Metningsluke	<i>sek</i>		2,13		2,13
Tømmetid	<i>sek</i>		60		40
Omløpstid	<i>sek</i>		148		94
Effektiv grøntid	<i>sek</i>		13		6
Effektiv raudtid	<i>sek</i>		135		88
Metningsgrad		0,364	0,074	0,501	0,102
Total forseinking	$\frac{sek}{kJt}$	63,6	62,0	42,6	41,5

Tabell 1: Resultat, før og etter optimalisering, Engelåsvegen

I tabell 1 er strekket målt til 288 meter og tillate hastigheit, 50 km/t. Dette gjev ei tømmetid på 26 sekund som er alt for lite. Entreprenøren kunne fortelje at anlegget var programmert med basic instillinger. Dette betyr ei hastigheit på 30 km/t. Målt tømmetid var 60 sekund. Dette betyr at dei har lagt inn eit strekke på 455 meter. Nyttar ein 30 km/t og 288 meter får ein ei tømmetid på 40 sekund, som er meir passeleg. Ved observasjon av køyretøy, var faktisk tømmetid for observerte køyretøy, mellom 28 og 37 sekund.

Rv3 - Innset

Rv3 er ei kjend fartsåre for tungtrafikk som skal nordover frå Oslo til Trondheim eller omvendt. Dette synast og i at tungtrafikkandelen er 28%, i forhold til snittet på 15% (Statens Vegvesen 2014b, s. 209) (Statens Vegvesen 2014c). I følge Statens Vegvesen (2016) var ÅDT 2420 i 2015. Anleggsarbeidet var i Rennebu kommune, der arbeidet gjekk ut på å forbetre sideterrenget og trafikksikkerheita. Under feltarbeidet var det lite trafikk, men følgande køar vart registrert og danna grunnlag for metningsvolum, vist i tabell 5, i vedlegget, side 27. Tala i parantes under antal køyretøy er antal tunge køyretøy.

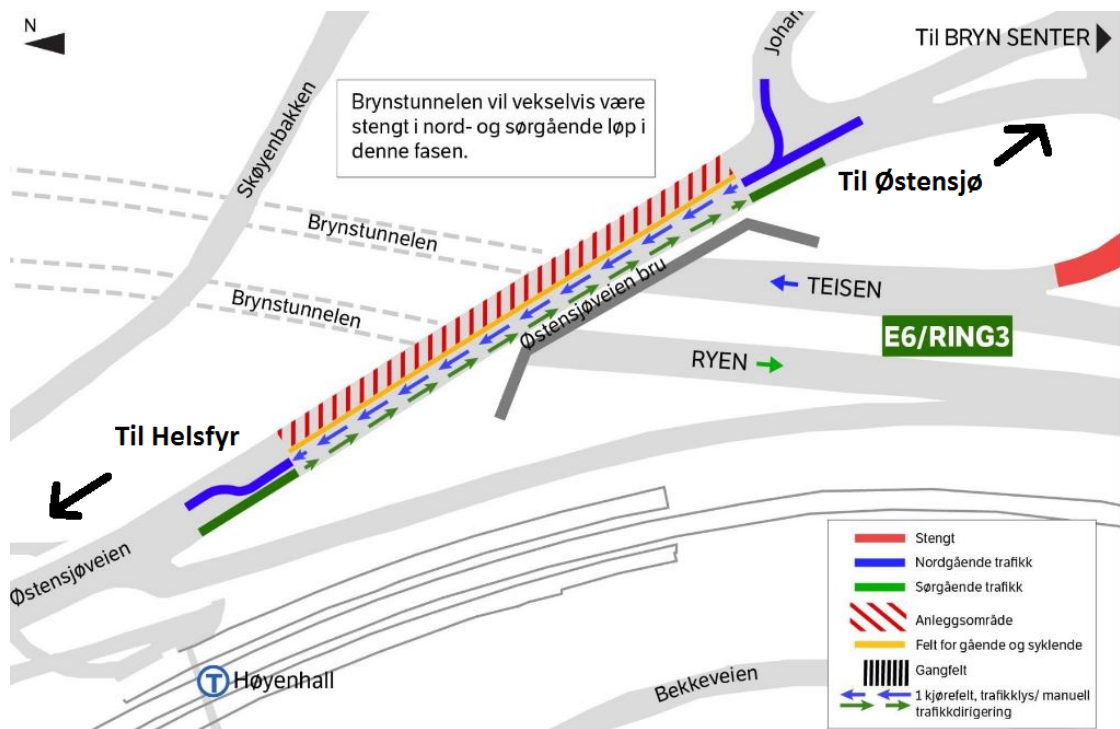
Målt lengde for anlegget var 500 meter, og ei skilta hastigheit på 50 km/t. Dette gjev ei tømmeid på 41 sekund. Målt tømmeid var 65 sekund, som tilsvarer at hastigheita er 30 km/t. Altså er basic programmering nytta, og faktisk lengde lagt inn. Målte tømmeider for tungtrafikken varierte med lågaste verdi på 43 sekund og høgaste på 49 sekund. Difor er det ikkje urealistisk at ein kunne ha programmert om tømmeida til 50 sekund, som tilsvarer at ein legg inn 370 meter for 30 km/t, eller 500 meter og 40 km/t. Analysa er gjort med bakgrunn i ei ynskja metningsgrad på 0,8.

Parameter	Eining	Ikkje optimalisert		Optimalisert	
		Retning Trondheim	Retning Oslo	Retning Trondheim	Retning Oslo
Trafikkvolum	$\frac{kJt}{t}$	36	41	36	41
Metningsvolum	$\frac{kJt}{t}$	1100		1100	
Metningsluke	sek	3,36		3,36	
Tømmeid	sek	65		50	
Omløpstid	sek	158		114	
Effektiv grøntid	sek	13		6	
Effektiv raudtid	sek	145		108	
Metningsgrad		0,389	0,453	0,622	0,708
Total forseinking	$\frac{sek}{kJt}$	68,8	69,1	52,9	64,1

Tabell 2: Resultat, før og etter optimalisering, Rv3

Østensjøveien bro

Østensjøveien går gjennom tre bydelar i Oslo, *Gamle Oslo*, *Alna* og *Østensjø*. ÅDT for strekket som vart undersøkt, er ifølge Statens Vegvesen (2016) 15 000 i 2012 og ein tungtrafikkandel på 5%. Det vert utført arbeid på brua i samband med opprustinga av Brynstunnelen. For Østensjøveien bro vart 15 ulike køar for morgonrush, vanleg trafikk og ettermiddagsrush registrert, vist i tabell 6, i vedlegg, side 28. Vidare er det gjort analyser basert på målt trafikkvolum og metningsvolum med eit ynska metningsvolum på 0,9, vist i tabell 3. Tømmeida er basert på 131 meter langt anlegg og ein hastigheit på 15 km/t. Dette tilsvarer 207 meter og 30 km/t om ein hadde nytta enkel programmering og gjev ei tømmeid på 37 sekund. I tabell 3 er trafikkvolum, metningsvolum og metningsluke målte verdiar, medan resten er berekna verdiar frå excelarket.



Figur 3: Oversikt over anlegget, Østensjøveien bro

Parameter	Eining	Morgon		Midt på dagen		Ettermiddag	
		Retning Østensjø	Retning Helsfyr	Retning Østensjø	Retning Helsfyr	Retning Østensjø	Retning Helsfyr
Trafikkvolum	$\frac{kjt}{t}$	242	689	294	674	297	470
Metningsvolum	$\frac{kjt}{t}$	1630		1560		1640	
Metningsluke	sek	2,20		2,30		2,18	
Tømmetid	sek	37		37		37	
Omløpstid	sek	220		259		168	
Effektiv grøntid	sek	37	103	55	124	34	54
Effektiv raudtid	sek	183	117	204	135	134	114
Metningsgrad		0,883	0,903	0,887	0,902	0,895	0,892
Total gj.sn forseinking	$\frac{sek}{kjt}$	116,9	64,5	122,1	72,0	92,2	70,0

Tabell 3: Resultat, før og etter optimalisering, Østensjøveien bro

Kong Øysteins veg - Trondheim

Kong Øysteins veg går frå krysset ved Jonsvannsveien i sør til Bromstadvegen i nord, i Trondheim kommune. Statens Vegvesen (2016) oppgjev ein ÅDT på 8970 i 2014 og ein tungtrafikkandel på 4%. Anlegget er vist i figur 4. Under ettermiddagsrushet frå 15.40 til 16.40 vart 36 køar undersøkt for å kome fram til metningsluka, metningsvolumet og tungtrafikkandelen, vist i tabell 7, i vedlegg, side 29. Tala i parantes er antal tunge køyretøy. Ut frå registrert trafikkvolum og metningsvolum er det utført ei analyse med ynska metningsgrad på 0,7, vist i tabell 4. Tømmetida er basert på eit 105 meter langt strekke. Skilta hastigheit er 50 km/t. Registrerte tømmetidlar for bussar og andre tunge køyretøy varrierte mellom 10 til 14 sekund. Ut frå dette er tømmetida satt til 15 sekund, som tilsvarer ein hastigheit på 40 km/t.



Figur 4: Anleggsarbeid Kong Øysteins veg, retning Moholt

Parameter	Eining	Ikkje optimalisert		Optimalisert	
		Retning Valentinlyst	Retning Moholt	Retning Valentinlyst	Retning Moholt
Trafikkvolum	$\frac{kjt}{t}$	332	312	332	312
Metningsvolum	$\frac{kjt}{t}$	1805		1805	
Metningsluke	<i>sek</i>	2,01		2,01	
Tømmetid	<i>sek</i>	29	7	15	
Omløpstid	<i>sek</i>	92		75	
Effektiv grøntid	<i>sek</i>	25		20	19
Effektiv raudtid	<i>sek</i>	67		55	56
Metningsgrad		0,677	0,636	0,690	0,682
Total gj.sn forseinking	$\frac{sek}{kjt}$	29,9	29,5	24,8	25,3

Tabell 4: Resultat, før og etter optimalisering, Kong Øysteins veg

Intervju - Byggherre

Byggherren legg ut arbeid på anbud, og då er det forskjellig frå anlegg til anlegg, om føringar for trafikkavvikling er med. Dette kjem som regel an på kompleksiteten til anlegget. For komplekse anlegg har ein gjerne faseplanar og føringar for kva rekkefølge arbeidet skal utførast. Når det kjem til føringar for effektiv grøntid og tømmetid legg dei ikkje noko føringar for prosjekta, men nyttar tabellane i N301 til å fastsettje effektiv grøntid, effektiv raudtid og omløpstid. Det viktigaste er å sikre robustheit som gjer at trafikken vert avvikla greitt, men ein nyttar ikkje tid på optimalisere. Byggeleiinga og skiltmyndigheita er ute å kontrollerar anlegg og undersøker om trafikksituasjonen er tilfredstillande. Skiltmyndigheita som er uavhenging i forhold til prosjektet, er strengare i sine kontroller enn byggeleiinga. Ved dårleg trafikkavvikling som grunnar i at ein generell arbeidsvarslingsplan ikkje tek nok omsyn til dei trafikkale forholda, kan byggherre be om endring i arbeidsvarslingsplanen. Dette kan vere problematisk då ei større endring i ein arbeidsvarslingsplan krev godkjenning. Særleg om sommaren, når det er høgsesong for anleggsarbeid, er behandlingstida ekstra lang.

Intervju - Konsulentar

Når tilbod frå entreprenørane vert levert, er kostnadane og kompleksiteten med arbeidsvarsling og trafikkavvikling ofte grovt undervurdert. Store konsulentfirma

med god trafikktenisk kompetanse, blir sjeldan brukt. Om kompetansen nyttast er det hovudsakleg for å sikre at tilstrekkelig varslings/sikring er planlagt for å få godkjent arbeidsvarslingsplanen. I nokre tilfelle kan byggherre be om faseplanar for gjennomføring av større anlegg, samt kapasitetsanalyser, og då er konsulentar involvert.

Konsulentar kan vere så mangt, og difor er det mange småfirma som tek på seg å utarbeide arbeidsvarslingsplanar. Ved enkle og mindre anlegg kan dette fungere godt, men med komplekse anlegg og problemstillinger, strekk gjerne ikkje kompetansen til. Hadde ein planlagt trafikkavviklinga betre, samt at byggherren og skilmyndigheita hadde stilt strengare krav til trafikkavvikling ved godkjenning av arbeidsvarslingsplan, kunne ein fått vesentleg betre trafikkavvikling utan store meirkostnadar. Etter at anleggsarbeidet har starta er konsulentar svært sjeldan involvert.

Intervju - Entreprenørar

Svara frå dei to intervjuar var splitta på to hovudpunkter. Ein nytta spesifikke arbeidsvarslingsplanar og trafikkstyrt skyttelsignalanlegg, medan den andre nytta generelle arbeidsvarslingsplanar og tidsstyrt skyttelsignalanlegg.

Grunnen til at spesifikke arbeidsvarslingsplan hjå fyrste entreprenøren vart føretrekt, er at desse inneheld som oftast ei betre risikovurdering, samanlikna med ein generell arbeidsvarslingsplan. Trafikkstyrt skyttelsignal blir nytta med basic programmering, då avansert krev meir kompetanse å setje opp. Til å fastsettje effektiv grøntid og omløpstid for anlegget vert det utført stadsvurderingar, då ein i urbane strok har svært store trafikkvariasjonar. Ein må difor prøve seg fram med effektiv grøntid og omløpstid, då nærliggande kryss og rundkøylinger gjev problem. For ukompliserte strekk, utan tilstøtande vegar, fungerer anbefalinga i handbok N301, figur 3.4.3, side 106. Ved store trafikkmengder vert det nesten umogleg å nytte trafikkstyrt. Samstundes er det svært vanskeleg å programmere inn rushtid for eit tidsstyrt anlegg, då vert manuell dirigering nytta i staden. Ein app kan difor vore eit supplement for å få eit utgangspunkt for programmeringa. Har ein asfaltarbeid og arbeidarar som arbeider svært nærme vegen kan ledebil vere eit alternativ, då den kan halde farten nede der det vert arbeidd.

Ein generell arbeidsplan er med på å følge eit anlegg som stadig er i forandring ettersom arbeidet skrid framover. Ein kan måtte legge om trafikken opptil fleire gonger i veka, som betyr at ein ikkje kan ha ein spesifikke arbeidsvarslingsplan, då kvar endring i trafikken vil stride mot arbeidsvarslingsplanen. Samstundes krevst det meir av dei som skal sette opp skilta og vere ute å følgje opp planen, men det

har fungert bra. Tidsstyrte skyttelsignal er føretrekt framfør trafikkstyrt, då ein har hatt mykje problem med at dei trafikkstyrte går for mykje i raudt. Tidsstyrte skyttelsignal er driftssikkert, men gir nok litt meir kø. Ein innhentar ÅDT og planlegg effektiv grøntid og omløpstid ut frå handbok N301, figur 3.4.3, side 106, samstundes som ein er ute og observerer trafikken og gjer naudsame tilpassingar. Tidane kan korrigerast ut frå kva type arbeid som føregår. Er det mykje manuelt arbeid vert ledebil føretrekt, då ein kan styre hastigheita forbi arbeidet. Einaste ulempa er at det er dyrt, og krev mykje mannskap. Til å programmere skyttelsignalanlegget nyttast avansert programmering, men det er ikkje vurdert å legge inn ulike tidsplanar for ulike tider av dagen. I staden for å nytte handbok N301 kunne nok ein app fungert greitt til å programmere signalanlegga. Anbefalinga i N301 på seks sekund som minste effektive grøntid for tidsstyrt skyttelsignalanlegg er for kort.

Begge entreprenørane har i oppgåve frå skiltmyndigheita om å justere fartsgrensane når det ikkje er arbeid på anlegget, og at forholda rundt tillet det. Er anlegget kort i utstrekning og ein har få skilter kan dei snu dei midlertidige fartskilta ved arbeidsstart og arbeidsslutt. Om anlegget er langt og har mykje skilt er det meir vanleg å berre gjere dette når ein tek helgefri. Skal ein justere farten frå 50 km/t tilbake til 70 km/t, betyr det at sikkerhetssona aukar, som betyr at ein må utføre kontroll av den nye sikkerhetssona som gjeld for 70 km/t. Det er lett for gravemaskinførarar å gløyme at sikkerhetssona har blitt utvida på grunn av auka hastigheit om kvelden, og at skuffa må settjast lengre bort frå vegbanen. Men hadde ein hatt digitale variable fartsskilt kunne mykje arbeid ha vore spart, då ein kunne endra fartsgrensane frå kontoret. Då hadde kun arbeidet med å sjekke sikkerhetssona vore att.

Diskusjon

Denne artikkelen har undersøkt viktige parametre for god trafikkavvikling ved anlegg, og undersøkt korleis byggjerre, konsulentar og entreprenørar arbeider for å oppnå dette. Parametre er registrert og analysert opp mot kva handbok N301 anbefaler, samt forbetringa mellom ikkje optimaliserte og optimaliserte skyttelsignalanlegg er kartlagt. Kunnskapen og korleis dei ulike aktørane arbeider med trafikkavvikling gjennom anleggsområder er kartlagt, for så å bli samanlikna med handbok N301 som er normalen for korleis arbeid ved veg skal utførast.

Feltarbeid

Engelåsvegen og Rv3 hadde svært lite trafikkvolum, som betydde at å måle metningsvolumet var svært vanskeleg. Difor er validiteten på metningsvolumet, for desse to lokasjonane dårleg. Likevel er dei nytta, då å estimere eit metningsvolum for strekkane er endå vanskelegare. Rv3 har ein svært stor tungtrafikkandel som fører til den låge metningsgraden. Ein kan ved samanlikning av videoopptak frå anlegga og sjå at folk har mykje kortare avstand til køyretøyet framom ved Engelåsvegen, enn ved Rv3.

I analysen av resultatata frå Engelåsvegen og Rv3 er minste effektive grøntid satt til seks sekund for berekna verdi, sjølv om anbefalt verdi i N301, er tre sekund (Statens Vegvesen 2014a, s. 106). Tre sekund er alt for kort tid for sjåførane å reagere og komme seg over sperrelinja. Antek ein to sekund reaksjonstid i snitt for ein person, har ein bare eitt sekund på å krysse sperrelinja. For dei målte verdiane er minste effektive grøntid i skyttelsignala programert til 13 sekund. Både Engelåsvegen og Rv3 hadde tømmeperioder som kunne reduserast, der Engelåsen hadde svært lang tømmeperiod i forhold til kva køyretøya trengte. Med ei lengde på 288 meter, og ei skilta hastigheit på 50 km/t, var likevel tømmeperioda satt til 60 sekund. Dette svarer til at køyretøya held ein snittfart på 19 km/t gjennom anlegget. Registrert hastigheit på anlegget var mykje høgare, noko som arbeidarane på anlegget også kunne bekrefte. Begge anlegga hadde greie siktforhold som gjer at om eit køyretøy ikkje er ute av anlegget innan tømmeperioda er over, så vil heller ingen starte å køyre. Ut frå desse resultatata kan ein sjå for seg at entreprenørane hadde vore tent med at basic programmering vart utvida til å inkludere hastigheita for strekket. På denne måten kunne det vere lettare for entreprenøren å kome fram til optimal tømmeperiod.

Detektorlengda vart testa ved å køyre svært sakte mot detektoren, og måle avstanden frå skyttelsignalanlegget til der ein fekk grønt ljós. For begge anlegga var denne avstanden 30 meter, i forhold til 60 meter som er oppgitt i Euroskilt sin brosjyre for "Mobile Trafikklys". Samanliknar ein med funna til Alterawi og Yousif (2014) som fann ut at om ein kunne auke detektorlengda frå 40 til 80 meter, så vil metningsvolumet kunne auke med 4,2%. For store køyretøy som lastebilar, vogntog og anleggsmaskinar vil ei auka detektorlengde bety at ein kan unngå at desse køyretøya må retardere før dei får grønt ljós, og igjen kan akselerere.

Trafikken på Østensjøveien bro skulle eigentleg vore dirigert av skyttelsignalanlegg, men grunna stort trafikkvolum, kombinert med rundkøyning på kvar side som ligg under 100 meter frå anlegget på kvar side, som kan gi store variasjonar i trafikkvolumet på kort tid, gjorde at ein måtte gå over til manuell dirigering. Resultata frå metningsvolumet er relativt jamn i løpet dagen. Feltobservasjonen vart utført på ein fredag, som betyr at ettermiddagsrushen kjem tidelegare enn dei

andre arbeidsdagane. Dette resulterte i at midt på dagen målinga, inneheld mykje syklistar, som er med på å senke metningsvolumet, då hastigheita til syklistane er relativt låg. Breidda på vegbanen var redusert slik at forbikøyring av sykkelistane var vanskeleg. I følge handbok N301, figur 3.4.3 bør ikkje skyttelsignalanlegg nyttast ved tømmeid over 40 sekund og totalt trafikkvolum over 500 kjt/t. (Statens Vegvesen 2014a, s. 106). Sidan største målte trafikkvolum var 931 kjt/t for begge retningar er det forståleg at entreprenøren ikkje fekk skyttelsignalanlegget til å fungere optimalt utan spesielle tiltak. Likevel gjev analysen gode data som ein gjerne skulle ha programmert inn i eit skyttelsignalanlegg. Ein kunne fylgt handbok N301 si tilråding om at maksimal effektiv grøntid vert sett 20% høgare enn dei beregna grøntidiane for anlegget, som betyr ei maksimal effektiv grøntid på $124 * 1,2 = 149\text{sek}$ for retning Helsfyr, midt på dagen, (Statens Vegvesen 2014a, s. 106). Om skyttelsignalanlegget kunne målt metningsluka, kunne dette bety at skyttelsignalanlegg kunne vore med å teke over meir av arbeidet som krev manuell dirigering. På denne måte kunne detektoren finne ut om trafikken er metta og det er kø, eller om eit køyretøy kjem åleine bak ein kø. I såfall kunne skyttelsignalanlegget sett om metningsluka til køyretøyet var for stor og avgjort om dei burde utvide effektiv grøntid og la køyretøyet passere, eller slå over på raud. Dette vil vere med på å gjere eit skyttelsignalanlegg meir lik ein trafikkdirigent.

Manuell dirigering kan vere den mest effektive måten å dirigere trafikk på, då dirigentane kan observere trafikken over ein mykje lengre avstand enn eit skyttelsignalanlegg. For at det skal vere effektiv, krevst det at dirigentane er konsekvente, og ikkje ventar på køyretøy som ligg langt bak ein metta kø. Dirigentane på Østensjøveien bro observerte trafikken som kom inn fra Ring 3, Bryn Senteret, og fra Johan Evjes vei. Særleg ut frå den trafikkale situasjonen på Ring 3 kunne dei justere kor lang grønluka dei skulle gi trafikken mot Helsfyr. Spesiellt viktig var det å gi stor nok effektiv grøntid til desse trafikkantane slik at ein kunne unngå at det vart kø heilt ut på Ring 3. Når dei store trafikkmengdende hadde passert, var det igjen viktig at dei stoppa køyretøy som ein såg kom lengre ned i vegen, då ein tapar effektivitet om ein skal la desse passere. Trafikkdirigentane kunne og fort stenge av om utrykningskøyretøy var på veg for å gi desse klar bane til å passere. Dessverre er trafikkdirigering svært farleg, noko som vart demonstrert under feltarbeidet, då ein av dirigentane vart køyrt ned. Dette betyr at ein må vere svært tydeleg når ein står ute og dirigerar.

Anlegget i Kong Øysteins veg nytta tidsstyrt signalanlegg som var programert ut frå figur 3.4.3 i N301, samt prøv og feil metoden i følge entreprenøren. Entreprenøren kunne også opplyse om ei effektiv grøntid på 25 sekund, og ei tømmeid på 20 sekund i begge retningar. Registreringar i feltet viste at effektiv grøntid var rett, medan tømmeida ikkje var det entreprenøren oppgav. For retninga mot Moholt

var tømmedida for kort, som førte til at køyretøya måtte nytte den andre retninga si effektive grøntid for å kome ut av konfliktområdet til motgåande trafikk. Sidan det var eit oversikteleg rettstrekke køyrte sjølvstøtt ikkje folk før køen var ute av konfliktområdet. Men for fleire observerte omløp tapar retninga mot Valentinlyst opp mot fem sekunder med effektiv grøntid. Då analysen skulle utførast var den viktigaste parameteren total gjennomsnittleg forseinking. Det var ut frå denne parameteren ein skulle samanlikne kor effektiv optimaliseringa var. Sidan ein har ganske stort trafikkvolum, valde eg å sette ein relativ låg ynskja metningsgrad, for å redusere den faktiske metningsgraden. I følge Akçelik (1998, s. 24) er forseinking på grunn av trafikkvariasjon neglisjerbar ved liten metningsgrad, men gjer seg gjeldande ved høgare metningsgrad. For dette anlegget var det ingen grunn til å setje opp ynskja metningsgrad til 0,8 eller 0,9 for så å få ein høgare total gjennomsnittleg forseinking enn anlegget hadde slik det var. Ved ei ynskja metningsgrad 0,8 får ein for retning Valentinlyst 32,7 sekund og retning Moholt 28,1 sekund. Altså ein auke for retning Valentinlyst. Aukar ein ynskja metningsgrad til 0,9 gjer gjennomsnittleg forseinking på grunn av trafikkvariasjon seg meir gjeldande, noko som fører til at total forseinking for retning Valentinlyst vert 40,6 sekund og 46,4 sekund for retning Moholt. Om ein aukar ynskja metningsgrad, vil gjennomsnittleg uniform forseinking bli redusert, men ikkje i like stor grad som gjennomsnittleg forseinking på grunn av trafikkvariasjon aukar. Ved ei optimalisering av anlegget, med ynskja metningsgrad 0,7 har trafikken i retning Valentinlyst spart 28,2 minutt for kvar time anlegget går med registrert trafikkvolum. For retninga mot Moholt er tidsbesparelsen 21,8 minutt. Altså med det registrerte trafikkvolumet er det mogleg å spare inn 50 minutt totalt for alle køyretøy.

Intervju

Byggherren er sjeldent med på å gi særlege føringar for korleis trafikkavviklinga skal skje. At byggherre er meir opptekte av robustheit enn optimalisering, betyr at ein får eit samfunnsøkonomisk tap. Eit eksempel kan vere at ein hadde teke i bruk resultatata frå Kong Øysteins veg. Nyttar ein 8970 i ÅDT og ser på besparelsen for forseinkinga, får ein:

$$(29,9 - 24,8)_{sek} + (29,5 - 25,3)_{sek} = 9,3_{sek} \rightarrow \frac{9,3_{sek} * 8970 \text{ÅDT}}{3600} = 23,17_{timer}$$

$$23,17_{timer} * 72_{dagar} = 1668,24_{timer} \rightarrow 1668,24_{timer} * 150 \frac{kr}{time} = 250236kr$$

Arbeidet er frå 04. april til 15.juni, som betyr 72 dagar der trafikken er dirigert av skyttelsignalanlegget. Reknar ein ei snitt timeløn på 150 kroner, vert den samfunnsøkonomiske besparelsen 250236 kroner. Når det gjeld at dei uavhengige kontrollane til Skiltmyndigheita er strengare enn internkontrollen til byggherren burde bety at ein burde lage strengare kontrollskjema for kontroll av trafikkavvikling, samstundes som ein burde ha fleire uavhengige kontrollar av trafikkavviklinga.

Forbetring og optimaliseringsmoglegheitar er tilbakemeldinga frå konsulentane som utrykte at ein kunne fått "ei vesentleg betre trafikkavvikling utan store meirkostnader". Samstundes var beskjeden at det finnst svært mykje ubrukt kompetanse innan fagfeltet hjå konsulentane. Difor burde denne kompetansen kome på banen når ein lyser arbeid ut på anbod. Då får ein sikra at byggherre tek omsyn til trafikkavviklinga, ein får fagleg kompetanse til å utarbeide gode trafikale planar som entreprenørane kan nytte under anleggsarbeidet. Sidan totalentrepriser har blitt meir aktuelt, der entreprenørar og konsulentar samarbeidar i endå større grad, burde det vere mogleg å få til betre samarbeid mellom partane angående trafikkavvikling, (Gisvold Garathun 2014). For å styrke kontrollane av trafikkavviklinga som byggherren innrømma kunne vere litt snill, ville eit tettare samarbeid med konsulentar som er ute på anlegget etter oppstart, vere med på å sikre betre og uavhengig kontroll av trafikkavviklinga.

Begge entreprenørane hadde ulike preferansar på kva type skyttelsignalanlegg dei nytta, og kva type arbeidsvarslingsplan som skal nyttast. Val av type skyttelsignalanlegg har skjedd ut frå kor lette dei er å programmere og driftssikre. Den eine entreprenøren hadde programmering av skyttelsignal som bakgrunn for kva type dei valde, og nytta difor tidsstyrt skyttelsignal med basic programmering. Dette er ein lettfatteleg måte å programmere skyttelsignal utan at ein treng særleg kompetanse for å take i bruk. Den andre entreprenøren valde tidsstyrt skyttelsignalanlegg basert på driftssikkerhet, fordi dei opplevde mykje problem med at signalet gjekk i raudt ved at folk køyrte på raudt. Kva type skyttelsignal som er best, er umogleg å seie ut frå desse svara, men det vil kome an på kompetansen som entreprenørane har, trafikksituasjonen, og kor mykje tid dei vil bruke på å sette opp skyttelsignalanlegget. Når det gjeld om arbeidsvarslingsplanane burde vere spesifikke eller generelle, er det vanskeleg med ei tilråing. Spesifikke tek meir omsyn til risiko både for arbeidarar og trafikken, samstundes som dei er svært statiske. Skal ein gjere større endringar i ein spesifikk arbeidsvarslingsplan må ein gjerne få ei godkjenning av skiltmyndigheita som krev tid. Derfor kan det for trafikkavviklinga sin del vere gunstig med ein generell plan om det skal utførast mykje omlegging av trafikken. Dette vil krevje meir av dei som set opp planen og at alle fasar av arbeidet som skal utførast på strekket har blitt vurdert i forhold til korleis trafikken skal avviklast.

Konklusjon

Denne artikkelen har presentert analyser av ulike anlegg, eit analyseverktøy for skyttelsignalanlegg, og eit intervjustudie av dei som er involvert på eit anlegg. Resultata frå anlegga syner at det rom for optimalisering. For alle anlegga var tømmetida satt for høgt, noko som fører til unødvendig store forseinkingar. Metningsvoluma for dei minste anlegga har vore svært vanskeleg å kartlegge, men for anlegga med større trafikkvolum var metningsvolum frå 1570 til 1805 registrert. Anlegga som nytta detektorstyrte skyttelsignalanlegg kunne redusere minste effektive grøntid frå 13 sekund til seks sekund. Tilbakemeldinga frå intervjuet var at optimalisering av skyttelsignalanlegg ikkje er noko ein arbeider med, men heller er oppteken av robustheit. Samstundes meinte konsulentane at det var mogleg å oppnå vesentleg betre trafikkavvikling utan store meirkostanadar, ved å involvere dei i prosessen rundt trafikkavvikling gjennom anleggsområda.

Dette studiet anbefalar å endre programmeringsmetoden for tømmetid til å inkludere hastigheit. På denne måten vil det vere lettare for entreprenøren å oppnå ei endå meir realistisk tømmetid. Vidare er det anbefalt å bruke litt meir tid på å optimalisere skyttelsignalanlegga, då det kan føre til store økonomiske fordelar for samfunnet i form av redusert tapt tid.

Referanser

- Akçelik, R. (1998). *Traffic Signals: Capacity and Timing Analysis*. AAR123. URL: <http://trid.trb.org/view.aspx?id=173392> (sjekket 18.11.2015).
- Alterawi, M. og Yousif, S. (2014). «Modeling Shuttle-Lane Roadwork Operated by Temporary Traffic Signals Using Microsimulation». I: *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems* 15.5, s. 2159–2168. ISSN: 1524-9050. DOI: 10.1109/TITS.2014.2311162.
- Arbeidstilsynet (2016). *Er du byggherre?* URL: <http://www.arbeidstilsynet.no/binfil/download2.php?tid=227168> (sjekket 23.05.2016).
- Bester, C. J. og Varndell, P. J. (2002). *The effect of a leading green phase on the start-up lost time of opposing vehicles*. SATC. ISBN: 978-0-620-28855-2. URL: <http://repository.up.ac.za/handle/2263/7854> (sjekket 22.05.2016).
- Chin, S.-M. mfl. (2004). *Temporary losses of highway capacity and impacts on performance: Phase 2*. URL: http://www-cta.ornl.gov/cta/Publications/Reports/ORNL_TM_2004_209.pdf (sjekket 23.11.2015).
- Dalland, O. (2000). *Metode og oppgaveskriving for studenter*. 3. utg. Helse & sosial : høgskoler. Gyldendal akademisk. 277 s.

- Det Kongelige Samferdselsdepartement (2013). *Meld. St. 26 (2012 – 2013) - 813774*. URL: http://www.ntp.dep.no/Forside/_attachment/502793/binary/813774?_ts=1400c273da8 (sjekket 12.04.2016).
- Elefteriadou, L., Jain, M. og Heaslip, K. (2008). «Impact of Lane Closures on Roadway Capacity. Part B: Arterial Work Zone Capacity». I: URL: <http://trid.trb.org/view.aspx?id=851650> (sjekket 24.05.2016).
- Gisvold Garathun, M. (2014). *Vegvesenet skal tredoble andelen totalentrepriser - Tu.no*. URL: <http://www.tu.no/artikler/vegvesenet-skal-tredoble-andelen-totalentrepriser/225954> (sjekket 07.05.2016).
- RIF (2015). *Norges tilstand: 2600 milliarder i etterslep*. Norges tilstand: 2600 milliarder i etterslep. URL: <http://www.rif.no/nytt-fra-rif/2015/norges-tilstand-2600-milliarder-i-etterslep/> (sjekket 05.11.2015).
- Skoven Pedersen, K. og Wegener Moltved, N. E. (2014). *Hvordan forudser vi de trafikale konsekvenser ved vejarbejder - 1972.pdf*. URL: http://www.vejforum.dk/Net_Docs/CFP_Presentationer/1972.pdf (sjekket 13.12.2015).
- Statens Vegvesen (2014a). *Arbeid på og ved veg : krav og retningslinjer til varsling og sikring - Håndbok N301*. 6. utg. Bd. N301. Håndbok (Statens vegvesen : online). Statens Vegvesen. 265 s.
- Statens Vegvesen (2014b). *Håndbok V322 - Trafikksignalanlegg: Planlegging, drift og vedlikehold - 964110*. 208 s. ISBN: 978-82-7207-608-4. URL: http://www.vegvesen.no/_attachment/635066/binary/964110?fast_title=H%C3%A5ndbok+V322+Trafikksignalanlegg+%286+MB%29.pdf (sjekket 17.02.2016).
- Statens Vegvesen (2014c). *Rydder sikten for 8 millioner på rv. 3*. Statens vegvesen. URL: <http://www.vegvesen.no/om+statens+vegvesen/presse/Pressemeldingsarkiv/Region+midt/S%C3%B8r-Tr%C3%B8ndelag/rydder-sikten-for-8-millioner-p%C3%A5-rv.3> (sjekket 16.05.2016).
- Statens Vegvesen (2016). *Vegkart*. URL: [https://www.vegvesen.no/vegkart/vegkart/#kartlag:geodata/hva:\(~\)/hvor:\(\)/@600000,7225000,3](https://www.vegvesen.no/vegkart/vegkart/#kartlag:geodata/hva:(~)/hvor:()/@600000,7225000,3) (sjekket 21.05.2016).
- Aakre, A. (2016). «Avvikling i kryss». URL: <http://tinyurl.com/jdjes5r>.

Vedlegg

Nomenklatur

Fagterminologi

Byggherre Einkvar fysisk eller juridisk person som får utført eit bygge- eller anleggsarbeide. (Arbeidstilsynet 2016) Følger i større grad opp entreprenøren

og kontrollerer at utførelsen på arbeidet, samt sikkerheita ved anlegget er tilfredstillande.

Entreprenør Verksemd som utførar eit arbeid på vegne av byggherren. Har ansvar å utføre arbeidet etter dei krav byggherren set. Entreprenørar utarbeidar som regel egne arbeidsvarslingsplanar og arbeider ut frå desse.

Konsulent Hjelper til med kompetanse innan planlegging av anlegg, og korleis desse skal byggast i henhold til ynskje frå byggherre. Kan nyttast som som rådgjevarar ved utarbeiding av arbeidsvarslingsplanar ved komplekse anlegg.

Skiltmyndigheit Godkjenner eller avslår arbeidsvarslingsplanar. Dei kontrollerer at arbeidet ved eit anlegg skjer i samsvar med gjeldande arbeidsvarslingsplan. Skiltmyndigheita kan vere hjelpsame med utarbeiding av arbeidsvarslingsplanar ved komplekse anlegg.

Symbolforklaring

$\sum y_i$	Summen av relativ belastning for retningane, formel (5), side 24	
\tilde{c}	Mellombels tømmeid, formel (5), side 24	<i>sek</i>
\tilde{X}	Ynskja metningsgrad, formel (5), side 24	
c	Omløpstid, formel (7), side 25	<i>sek</i>
d_1	Gjennomsnittleg uniform forseinking, formel (17), side 26	$\frac{sek}{kjt}$
d_2	Gjennomsnittleg forseinking pga. trafikkvariasjon, formel (18), side 26	$\frac{sek}{kjt}$
g	Effektiv grøntid, formel (6), side 25	<i>sek</i>
g_s	Metta grøntid, formel (9), side 25	<i>sek</i>
g_u	Umetta grøntid, formel (10), side 25	<i>sek</i>
h	Metningsluke, formel (1), side 4	<i>sek</i>
k	Kapasitet, formel (11), side 25	$\frac{kjt}{t}$
L	Tapt tid per omløp, formel (4), side 24	<i>sek</i>
l	Lengde frå stopplinje til stopplinje, formel (3), side 24	<i>m</i>
L_{raud}	Gjennomsnittleg kø ved endt effektiv raudtid, formel (13), side 26	<i>kjt</i>
N_o	Gjennomsnittleg kø pga. trafikkvariasjon, formel (14), side 26	<i>kjt</i>
p_s	Sannsynet for stopp, formel (16), side 26	
q	Trafikkvolum, formel (2), side 24	$\frac{kjt}{t}$

r	Effektiv raudtid, formel (8), side 25	<i>sek</i>
s	Metningsvolum, formel (2), side 24	$\frac{kJt}{t}$
T	Analyseperiode med trafikkintensitet q , formel (14), side 26	<i>timer</i>
t_t	Tømmetid, formel (3), side 24	<i>sek</i>
u	Grøntidsandel, formel (11), side 25	
V	Hastighet for dei som køyrar saktast, formel (3), side 24	$\frac{km}{t}$
x	Metningsgrad, formel (12), side 25	
x_o	Metningsgrad der N_o er omtrentlig 0, formel (15), side 26	
y	Relativ belastning, formel (2), side 24	

Formelverk

Formelverket bortsett frå kølengda N_o og forseinkinga d_2 er basert på forelesninga til Aakre (2016). Kølengda N_o og forseinkinga d_2 er henta frå Akçelik (1998).

Belastningsgraden av eit strekke kallast relativ belastning y , og består av trafikkvolum q og metningsvolum s . Trafikkvolum q er antall køyretøy som passerar innan eit gitt tidsintervall, og metningsvolum s er maksimalt antall køyretøy som kan passere eit punkt. Både trafikkvolumet og metningsvolumet er verdiar ein må ut og måle ute på anlegget.

$$y = \frac{q}{s} \quad (2)$$

Kor lang tid køyretøya brukar frå stopplinje til stopplinje, altså skyttelsignal til skyttelsignal, er tømmetid t_t . Tømmetida saman med gultid, reknast som tapt tid L , då eit ventande køyretøy har tapt den tida det tek for eit køyretøy å kome seg ut av anlegget. Tapptid L reknast for eit omløp, så det vil bestå av dei to gultidene og dei to tømmetidene. Tømmetida t_t vert vanlegvist dimensjonert for den trafikkgruppa som køyrar saktast.

$$t_t = \frac{l}{V} * 3,6 + 5 \quad (3)$$

$$L = t_{t1} + t_{t2} + gultid_1 + gultid_2 \quad (4)$$

Kor stor trafikkbelastning ein ynskjer må ein ta omsyn til. Forholdet mellom kor stort trafikkvolum q ein har, og kor stor kapasitet k , altså kor mange køyretøy skyttelsignalanlegget greier å avvike per time, er metningsgrad x . Ynskja metningsgrad \tilde{X} må ein bestemme på førehand. Det er vanleg å sette denne til 0,8 eller 0,9 som betyr at ein ynskjer at 80 eller 90 % belastning i forhold til kapasiteten. Deretter kan ein rekne ei mellombels omløpstid \tilde{c} for eit anlegg. Altså tida frå det eine skyttelsignalanlegget får grønt ljós, til det får grønt på ny.

$$\tilde{c} = \frac{\tilde{X} * L}{\tilde{X} - \sum y_i} \quad (5)$$

Ut frå mellombels omløpstid \tilde{X} kan ein rekne ut effektiv grøntid g .

$$g = \frac{\tilde{c} - L}{2} \quad (6)$$

Sidan ein alltid skal runde \tilde{c} og g opp, må ein rekne ut den endelege og korrigerede omløpstida c .

$$c = g_1 + g_2 + L \quad (7)$$

Deretter kan ein rekne ut effektiv raudtid r , samt kor mykje av grøntida som er metta med kø, metta grøntid g_s og kor mykje av effektiv grøntid der trafikken flyt fritt, umetta grøntid g_u .

$$r = c - g \quad (8)$$

$$g_s = \frac{q * r}{s - q} = \frac{y * r}{1 - y} \quad (9)$$

$$g_u = g - g_s \quad (10)$$

For å finne ut kor mange køyretøy eit skyttelsignal maksimalt kan avvikle må ein rekne ut kapasiteten k for anlegget.

$$k = s * \frac{g}{c} = s * u \quad (11)$$

Ut frå dette kan ein rekne den faktiske trafikkbelastninga, eller metningsgraden x .

$$x = \frac{q}{k} \quad (12)$$

Ein kan rekne vidare på kor mykje kø som vil samlast opp. Det delast opp i to delar, ein uniform kø, basert på jamnt trafikkvolum under effektiv raudtid, L_{raud} og gjennomsnittleg kø som kjem på grunn av trafikkvariasjon N_0 . T er tidsintervallet

ein ynskjer å nytte for å undersøke køen på grunn av trafikkvariasjonen. Ein time er vanleg analysetid. Endrar ein analysetida, må trafikkvolumet justerast høveleg.

$$L_{raud} = (c - g) * q \rightarrow L_{raud} = r * q \quad (13)$$

$$N_o = \frac{k * T}{4} * \left[(x - 1) + \sqrt{(x - 1)^2 + \frac{12(x - x_o)}{k * T}} \right] \quad (14)$$

$$x_o = 0,67 + \frac{s * g}{600} \quad (15)$$

På same måte som kø, kan ein rekne på forseinking. Forseinkinga vil og få to forskjellige bidrag, eit frå gjennomsnittleg uniform forseinking d_1 og eit frå gjennomsnittleg forseinking pga. trafikkavariasjon d_2 . For å rekne ut d_1 må ein nytte sannsynet for å stoppe p_s . Totalt gjennomsnittleg forseinking er $d_1 + d_2$.

$$p_s = \frac{r + g_s}{c} = \frac{1 - u}{1 - y} \quad (16)$$

$$d_1 = \frac{r}{2} * p_s \quad (17)$$

$$d_2 = 900 * T \left[(x - 1) + \sqrt{(x - 1)^2 + \frac{12(x - x_o)}{k * T}} \right] \quad (18)$$

Målinger frå feltarbeid

Antall køyretøy	Metningsluke [sek]	Metningsvolum [$\frac{kJt}{t}$]
5(1)	3,63	991
3(1)	3,20	1125
4(0)	2,63	1369
4(2)	3,0	1200
4(1)	3,18	1132
4(3)	4,50	800
Andel tungtrafikk 33,3 %		
Snitt metningsluke 3,36 sek		
Snitt metningsvolum 1100 sek		

Tabell 5: Trafikk, metningsluke og metningsvolum, Rv3

Morgonrush			Midt på dagen			Ettermiddagsrush		
Antall køyretøy	Luke <i>sek</i>	Volum $\frac{kjt}{t}$	Antall køyretøy	Luke <i>sek</i>	Volum $\frac{kjt}{t}$	Antall køyretøy	Luke <i>sek</i>	Volum $\frac{kjt}{t}$
24(1)	2,12	1696	14(2)	2,35	1532	22(0)	2,08	1730
36(2)	2,33	1544	17(1)	2,27	1584	11(0)	1,77	2036
18(1)	2,30	1569	38(0)	2,05	1760	7(2)	2,41	1495
11(0)	2,01	1787	23(0)	2,20	1634	22(0)	2,06	1751
13(0)	1,81	1986	16(1)	2,08	1729	25(0)	2,10	1714
15(2)	2,33	1546	9(1)	2,38	1510	19(1)	2,29	1570
18(1)	2,26	1593	13(2)	2,54	1418	6(1)	2,54	1415
20(1)	2,34	1539	19(1)	2,16	1668	11(0)	2,01	1793
23(1)	2,30	1563	24(1)	2,36	1525	25(1)	2,42	1486
19(1)	2,03	1773	15(1)	2,59	1391	20(1)	2,23	1613
44(1)	2,35	1531	30(1)	2,32	1549	25(1)	2,43	1480
14(1)	2,30	1562	17(0)	2,18	1651	22(2)	2,43	1479
18(1)	2,10	1716	18(1)	2,20	1636	10(0)	2,10	1716
28(1)	2,12	1696	12(1)	2,53	1423	21(0)	2,14	1682
34(1)	2,34	1536	40(1)	2,34	1541	13(0)	2,18	1650
Andel tungtrafikk 6,9%			Andel tungtrafikk 5,3%			Andel tungtrafikk 3,5%		
Snitt metningsluke 2,20 <i>sek</i>			Snitt metningsluke 2,30 <i>sek</i>			Snitt metningsluke 2,19 <i>sek</i>		
Snitt metningsvolum 1633 $\frac{kjt}{t}$			Snitt metningsvolum 1562 $\frac{kjt}{t}$			Snitt metningsvolum 1646 $\frac{kjt}{t}$		

Tabell 6: Trafikk, metningsluke og metningsvolum, Østensjøveien bro

Antall køyretøy	Metningsluke <i>sek</i>	Metningsvolum $\frac{kJt}{t}$
9 (1)	2,26	1595
7 (0)	1,90	1899
7 (0)	1,82	1981
6 (0)	2,08	1734
6 (0)	2,06	1750
10(0)	1,86	1932
8 (0)	1,62	2227
6 (0)	1,87	1922
10(0)	2,31	1560
10(0)	1,86	1938
12(0)	2,03	1771
8 (0)	2,31	1557
5 (0)	2,96	1835
5 (0)	2,12	1701
12(0)	2,04	1765
9 (0)	2,30	1564
9 (0)	2,28	1581
12(1)	2,12	1697
13(1)	1,90	1890
6 (0)	1,85	1949
5 (0)	1,83	1967
11(1)	2,38	1513
7 (0)	1,70	2118
7 (0)	2,28	1579
12(0)	1,92	1875
9 (0)	2,16	1668
11(0)	1,94	1858
7 (0)	1,98	1819
5 (0)	1,92	1871
16(0)	1,83	1967
6 (1)	2,31	1556
11(0)	2,00	1802
9 (0)	2,03	1770
9 (0)	2,01	1793
8 (0)	1,81	1994
6 (0)	1,81	1989
Andel tungtrafikk 1,6%		
Snitt metningsluke 2,01 <i>sek</i>		
Snitt metningsvolum 1805 $\frac{kJt}{t}$		

Tabell 7: Trafikk, metningsluke og metningsvolum, Kong Øysteins veg

Prosessrapport

Forord

Denne masteroppgåva er skriva våren 2016 for institutt for bygg, anlegg og transport ved Norges Teknisk Naturvitenskaplige Universitet (NTNU). Masteroppgåva er den avsluttande oppgåve for det femårige sivilingeniørprogrammet, bygg- og miljøteknikk og vektast med 30 studiepoeng.

I staden for ei tradisjonell masteroppgåve, består denne oppgåva av ein vitenskapleg artikkel (part I), ein prossrapport (part II) og ein appendiks. Totalen av desse tre delane skal ekvivalere ei tradisjonell masteroppgåve når det gjeld detaljnivå og kvalitet. Formålet med prosessrapporten er å utjamne skilnaden mellom den vitenskaplege artikkelen og ei vanleg masteroppgåve når det gjeld utdjuping av detaljar rundt teori om faget, og metode. Ein får i tillegg skildra utfordringar og kva ein bør arbeide med vidare og grundigare i prosessrapporten. Prosessrapporten er skrevet ut frå instituttet sine retningslinjer for rapportskriving. Den vitenskaplege artikkelen er ikkje skrevet for ein konferanse eller eit spesielt fagforum, men skal kanskje bli presentert under Statens Vegvesen sine Teknologidagar.

Eg ynskjer å takke alle som har bidrege til at denne masteroppgåva har latt seg gjere, samt min familie som alltid har stilt opp uansett kva, samt god korrekturlesing frå pappa. Ein ekstra takk vert retta til dei som er intervjuar, og til Dag Erik Løvgren som har gitt meg ein god introduksjon til android- og javaprogrammering. Den største takken går til Arvid Aakre som har gitt meg mykje god rettleiing og tilbakemeldingar.

Samandrag

Denne masteroppgåva er skriva i tre delar. Ein vitenskapleg artikkel (del I), ein prosessrapport (del II) og ein appendiks (del III) skal ekvivalere kvalitets- og detaljgraden til ei tradisjonell masteroppgåve.

Sidan etterslepet på norsk infrastruktur bare har auka, samt at regjeringa ynskjer ei større satsing på bygging av ny veg og bane, betyr det meir trafikk i og gjennom anleggsområde. Formålet med denne masteroppgåva er å undersøke korleis dei sentrale aktørane innan anleggsarbeid på vegar arbeider med trafikkavvikling, samt registrering av korleis trafikken går gjennom ulike anleggsområde, og korleis ein kan forbedre trafikkavviklinga der.

Forskingsmetoden har vore eit litteraturstudie, intervju og feltarbeid. Litteraturstudiet har tatt utgangspunkt i å få tak i informasjon om korleis trafikkavvikling gjennom anlegg skjer, og kva metodar ein har for å rekne på korleis trafikken vil gå gjennom eit anleggsområde. Intervjustudiet tok for seg korleis byggherre, konsulentar og entreprenørar arbeider for å få god trafikkavvikling på eit anlegg. I feltarbeidet vart fire anlegg observert for å kartlegge metningsvolum, tømmeid og effektiv grøntid. Resultata av målingane vart analysert, og forslag til korleis ein kan optimalisere skyttelsignalanlegga er lagt fram.

Resultata frå intervjuet viste at byggherre og entreprenør er opptekne av robustheit framfor å optimalisere skyttelsignalanlegga. Entreprenøren har meir ansvar for trafikkavviklinga, medan byggherren bare er ut på anlegget og observerer at trafikken går greitt. Konsulentar blir lite brukt, men tilbakemeldinga var at dei trudde dei kunne vere med på å sikre ei vesentleg betre trafikkavvikling, utan særleg meirkostnad. Resultata frå feltarbeidet synte at ein har rom for å optimalisere skyttelsignalanlegga, særleg når det gjaldt tømmeida og korleis denne vert programmert inn i skyttelsignalanlegga. For alle detektorstyrte anlegg vart minste grøntid endra, samt nye effektive grøntider for det eine tidsstyrte skyttelsignalanlegget.

Summary

This master thesis is divided into three separate parts. A scientific article (part I), a process report (part II) and an appendix (part III). The sum of these three parts shall correspond to a traditional master, when it comes to quality and detail.

Since the lag on Norwegian infrastructure has only increased, together with a greater focus on building new road and railway, implicates more traffic in and through different construction areas. The purpose of this master's thesis is to examine how the key participants in a roadwork with traffic management. This master's thesis also consists of a fieldwork, to register the traffic flow through different working sites and how the traffic flow could be improved.

The research method was a literature study, interviews and fieldwork. The aim of the literature study was to collect information about how traffic flow is at roadwork and how you can forecast how the traffic flow is going to be at a roadwork. How project owners, consultants and contractors work to achieve good traffic flow was mapped through a interview study. Four worksites was observed for mapping saturation flow, discharge time and green time. Measured results were analyzed and suggestion for optimization of the temporary traffic signals were presented.

Results from the interview showed that project owners and contractors are more engaged with resilience, rather than optimization. The contractors have more responsibility for the traffic flow, whereas the project owner checks the work site to observe if the traffic flow is satisfactory. Consultants are underused, but their feedback was that they believed they could help secure a significantly better traffic flow, without particular excess costs. Fieldwork results indicates that there's room for optimization of the temporary traffic signals, particular regarding discharge time and how discharge time is programmed. All work sites with detector signals got new recommendations for minimum green time, while new green times where presented for a worksite who used fixed time signal.

Innhold

Forord	i
Samandrag	iii
Summary	v
Tabellar	ix
Figurar	ix
Introduksjon	1
Bakgrunn for oppgåva	1
Forskningsspørsmål	1
Formål med oppgåva	2
Avgrensingar	2
Arbeidsfordeling	3
Forskingsmetode	4
Teori om trafikkavvikling	4
Teori om skyttelsignalanlegg	5
Rekneeksempel og bruk av app	9
Forskingsartiklar	14
Teori om metode	16
Litteraturundersøking	16
Kvalitativ undersøking - Intervju	17
Kvantitativ undersøking - Feltarbeid	18
Feltarbeid	20
Roald Amundsens vei, Trondheim	20
E14 Forra bru, Stjørdal	20
Fv877 Engelåsvegen, Bratsberg	21
Rv3, Innset	23
Østensjøveien bro	25
Kong Øysteins veg	28
Intervju	30
Vidare arbeid	31

Tabellar

1	Korrigert tabell, basert på (Statens Vegvesen 2014a, s. 80)	6
2	Tømmetid ut frå strekningslengde og hastigheit (Statens Vegvesen 2014a, s. 105)	7
3	Korrigert tømmetid ut frå strekningslengde og hastigheit, korrigerte verdier vist i raudt	8
4	Effektiv grøntid for ei retning/omløpstid i tidsstyrte anlegg (Statens Vegvesen 2014a, s. 106)	8
5	Korrigert effektiv grøntid for ei retning/omløpstid i tidsstyrte anlegg, korrigerte verdier vist i raudt	9
6	Kategoriar for vegarbeid og trafikkavvikling (Skoven Pedersen og Wegener Moltved 2014a)	16
7	Fordelar og ulemper ved kvalitativ undersøking. (Samset 2014, s. 136)	17
8	Fordelar og ulemper ved kvantitativ undersøking. (Samset 2014, s. 136)	18

Figurar

1	Fundamentale diagram av trafikkavvikling (Nicholas J. Garber 2010)	4
2	Eksempel på sjokkbølge (Aakre 2014)	5
3	Signalvekslingsplan for skyttelsignalanlegg. (Statens Vegvesen 2014b, s. 38)	6
4	Inngangsdata for retning A i appen, SKyttelsignalhjelpa	10
5	Inngangsdata for retning B i appen, SKyttelsignalhjelpa	11
6	Resultat frå appen, Skyttelsignalhjelpa	12
7	Diagram oversikt frå Excelmodell over eit omløp med $q = 400$, $s = 1500$, $t_t = 20$ og $x = 0,9$	13
8	Datainnsamlingsmetodar, kvalitet og kostnad (Samset 2014, s. 138-139)	19
9	Oppsett og oversikt av eit relevant veganlegg (Statens Vegvesen 2014a, s. 164-165)	19
10	Forra bru	21
11	Engelåsvegen	22
12	Rv3, retning Trondheim	24
13	Rv3, retning Oslo	24
14	Retning Østensjø	26
15	Retning Helsfyr	26
16	Oversiktskart over anlegget på Østensjøveien bro	27
17	Kong Øysteins veg, retning Moholt	29
18	Kong Øysteins veg, retning Valtinlyst	29

Introduksjon

Bakgrunn for oppgåva

Det er 2600 milliardar NOK i etterslep på norsk infrastruktur (RIF 2015). Dette, saman med at det vert løyva 31155 millionar NOK i Norsk transportplan 2014 – 2024 til veg betyr at det kjem til å kome mykje vegarbeid i framtida (Det Kongelige Samferdselsdepartement 2013). Dette medfører at ein vil få større trafikale forseinkingar under anleggsarbeidet. I følge Chin mfl. (2004, s. 91) var anleggsarbeid ansvarleg for 24,3% av all forseinkingar på amerikanske motor- og hovudvegar i 1999. For samfunnet betydde det eit tap på 13,365 milliardar dollar i 1999. Framsteg har det vore, då 10% av all kø i USA kom frå anleggsarbeid, og gav eit samfunnstap på 7,8 milliardar i 2005 (Alterawi og Yousif 2014).

Alterawi og Yousif (2014) har sett på bruk av mikrosimulering av trafikken forbi eit anlegg på ein tofeltsveg, der eit felt er stengt. Ved rett innstilling av et detektorstyrt skyttelsignalanlegg kunne dei auke kapasiteten med 3,5% i forhold til standardinnstillingar, samt at gjennomsnittleg forseinking gjekk ned med 11%. For eit tidsstyrt signalanlegg auka kapasiteten til 11%, og gjennomsnittleg forseinking redusert med 25%. Nyttar ein seg av detektorstyrt skyttelsignalanlegg kan ein auke kapasiteten med 4% om ein aukar detektoravstanden frå 40 til 80 meter.

I Noreg vert handbok N301 nytta til å bestemme tømmeid, effektiv grøntid og omløpstid for tidsinnstilte signalanlegg, samt ei anbefaling om minste og største effektive grøntid for trafikkstyrt signalanlegg (Statens Vegvesen 2014a, s. 105 - 106). Ein kan som regel nytte skyttelsignalanlegg for trafikkvolum opp mot 600 kjt/t og tømmeid opp til 10 sekund. Ved aukande tømmeid anbefalar N301 gå ned i trafikkvolum, om ein skal nytte skyttelsignalanlegg. Derfor er det slik at for tettbygde strok nyttar ein heller manuell dirigering som kan fungere endå betre, samt lettare tek opp dei trafikale endringane i løpet av dagen.

Forskningsspørsmål

Målet for denne masteroppgåva er korleis byggherre, prosjektørar og entreprenørar arbeider og planlegg for god trafikkavvikling gjennom anleggsområder. Den andre delen av artikkelen tek for seg å kartlegge korleis entreprenørar programmerar sine skyttelsignalanlegg, metningsgrad, metningsvolum, tømmeid, effektiv grøntid og omløpstid. Siste delen omhandlar utvikling av eit analyseverktøy som skal kunne analysere innsamla data, samt nyttast til programmering av skyttelsignalanlegg. Forskningsspørsmåla lyder slik:

- Korleis tek byggherre, prosjektørar og entreprenørar omsyn til trafikkavvikling for eit prosjekt.
- Korleis går trafikken forbi eit anlegg ved eit skyttelsignalanlegg.
 - Kva er metningsvolumet.
 - Kva er tømningstid og avstand mellom bilane.
 - Kva er grøntida.
- Utvikle eit analyseverktøy som kan nyttast til å analysere data, samt nyttast av entreprenørar til å programmere eit skyttelsignalanlegg.

Formål med oppgåva

Hovudformålet med oppgåva har vore å kartlegge av ulike parameterar på anlegg, og korleis byggherre, konsulentar og entreprenørar arbeider med trafikkavviklinga gjennom anlegg. Dette har betydd at eit analyseverktøy har blitt utvikla både til excel og til mobilar og nettbrett som nyttar Android, for å kunne rekne ut tømmetid, effektiv grøntid og omløpstid til å programmere skyttelsignal. Ein intervjuguide har blitt laga for å kartlegge informasjon frå dei som har innverknad på trafikkavviklinga gjennom eit anlegg. Resultatet frå masteroppgåva skal gi grunnlag til å sei noko om trafikkavviklinga gjennom eit anlegg og korleis ein kan optimalisere eit skyttelsignalanlegg. Ein app har òg blitt utvikla som det er håp at kan erstatte figur 3.4.3 i N301, og vere eit nyttig hjelpemiddel til å programmere og optimalisere skyttelsignalanlegg. Masteroppgåva skal òg vere med på å kartlegge eit forbettringspotensiale når det gjeld individuelt arbeid eller samarbeid om trafikkavviklinga for byggherre, konsulentar og entreprenørar.

Oppgåva er skriva i to delar. Ein vitenskapleg artikkel som skal presenterast under Teknologidagene til Statens Vegvesen, 19. - 23.september, 2016. Den andre delen er ein prosessrapport som saman med den vitenskaplege artikkelen skal ekvivalere detalj- og kvalitetsnivået som ein tradisjonell master har.

Avgrensingar

Den klart største avgrensinga har vore mangel på anlegg med stort trafikkvolum til å utføre målingar på, og entreprenørar som ville stille til intervju. Hadde det vore fleire anlegg med større trafikkvolum enn det som var tilgjengeleg, kunne ein fått meir presise data, då usikkerheten rundt metningsvolumet er svært høgt når ein har så liten trafikk. Dette påverkar også analysane som er utført. At det ikkje var

noko anlegg før i slutten av april var negativt då ein kom svært seint i gang med feltarbeidet. På invitasjonen til intervju svara berre to av sju entreprenører, ja, til å stille. Ved fleire intervjuobjekt ville ein kunne trekt meir generelle konklusjonar på vegne av entreprenørbransjen, men sidan det er så få deltakarar vert dette vanskeleg.

Ved utvikling av både excelmodell og app hadde det vore moglegheit til å gjere dei meir avanserte. For excelmodellen vart det snakk om å lage ein ekstra modell, som basert på statestikk ville gi ein realistisk ankomst av køyretøy til eit signal. På denne måten skulle det vere mogleg å ha ein meir realistisk modell for detektorstyrte skyttelsignalanlegg. Dette vart for avansert og tida strakk ikkje til anna enn at det var ein idé. Appen kunne òg fått fleire funksjonar som ei grafisk framstilling av eit omløp, men tida til å lære seg programmering av grafikk strakk ikkje til. Ei anna avgrensing når det gjaldt appen var brukarvennlegheit. Her kunne ein feks. hatt videoar eller meir hjelp til korleis ein nyttar den, men for å gjere det enklast mogleg vart berre ein tekstbasert hjelpefunksjon utvikla.

Arbeidsfordeling

Ved utarbeiding av artikkelen er det rettleiar som har kome med problemet ”trafikkavvikling og anleggsarbeid”. Ut frå dette har eg utarbeida forskingsspørsmål som rettleiar gjekk god for. Vidare har rettleiar vore tilgjengelig for spørsmål, samt til hjelp ved utvikling av excelmodell. Rettleiar har sjølv utvikla ein excellmodell og sendt ein låst versjon til meg for å vise korleis den kan sjå ut og fungere. Ved dei fyrste feltarbeida har rettleiar kome med tips til korleis eit feltarbeid bør utførast og kva anlegg som burde undersøkast. Rettleiar har lest fleire utkast av artikkelen og kome med tilbakemelding når det gjeld innhald og presentasjonsform av tabellar.

Forskningsmetode

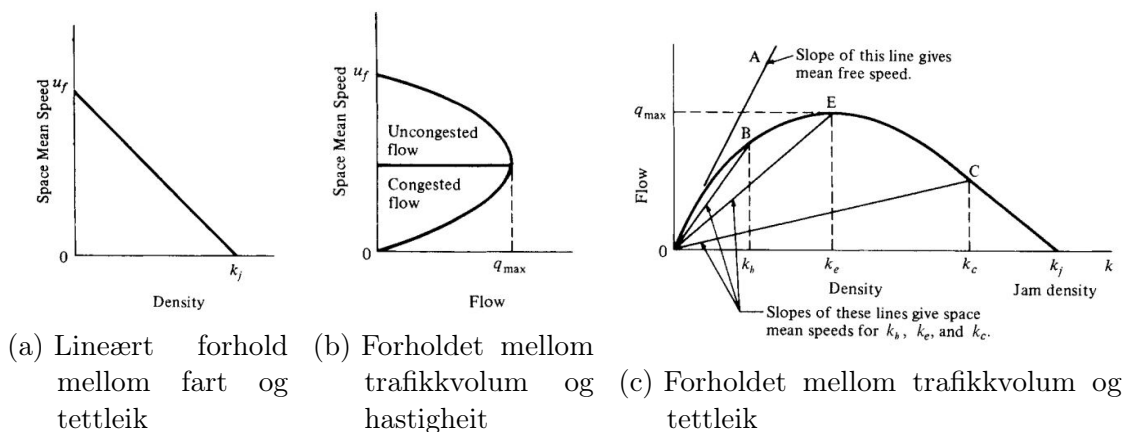
Den vitenskaplege artikkelen omhandlar svært lite om teorien bak feltarbeidet, intervju og analyseverktøya som er blitt utvikla gjennom masterarbeidet. Formålet med dette kapitlet er å gi ei grundig innføring i teorien bak trafikkavvikling, skyttelsignalanlegg, handbok N301 og forskingsartiklar som har sett på trafikkavvikling og anleggsarbeid.

Teori om trafikkavvikling

For å beskrive trafikkavvikling nyttast tre parametrar; *trafikkvolum*, *hastigheit* og *tettleik*. *Trafikkvolum* er definert som tal på køyretøy som passerer eit punkt eller et strekke innan eit tidsintervall. *Hastigheit* er målt hastigheit over eit gitt strekke fordelt på tid tilbakelagt. *Tettleik* er kor mange bilar som er innanfor eit gitt strekke. (Pline mfl. 2009, s. 94-101) Ut frå dette kan ein sette opp følgjande samanheng der q er trafikkvolum, u er hastigheit og k er tettleik:

$$q = u * k \tag{1}$$

Ein kan òg sette opp forholdet hastigheit og densitet, der dei er lineært avhengige, vist i figur 1a.



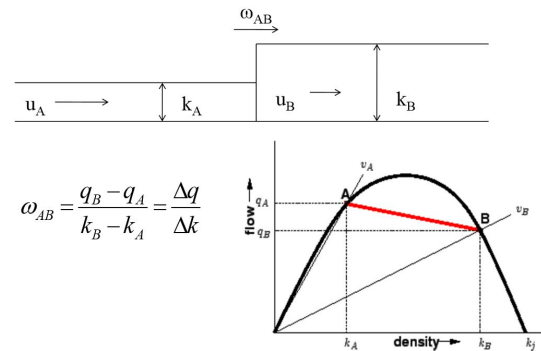
Figur 1: Fundamentale diagram av trafikkavvikling (Nicholas J. Garber 2010)

Ser ein på høvet mellom trafikkvolum og hastigheit, vist i figur 1b vil ein sjå at svært låg hastigheit vil føre til få bilar per tiding og det same gjeld for om ein har svært høg hastigheit. Det figur 1c viser er korleis ein får auka flyten opp til eit

gitt punkt basert på kor tett bilar køyrer. Vert tettleiken for høg, set bilane ned hastigheita og flyten går ned. Ved for eksempel kødanning er tettleik på sitt høgste, og flyten er null.

Det figur 1 viser i samanheng med trafikkavvikling gjennom anleggsområde, er at ein helst må unngå svært høg tettleik eller svært låg fart for å oppretthalde nokolunde høg hastigheit for å sikre høgt trafikkvolum.

Innan trafikkavvikling er det ikkje uvanleg at trafikken kan oppføre seg som bølger. Innan trafikkavvikling omtalar ein slike bølger som sjokkbølgjer, då ein gjerne har to ulike trafikksituasjonar som møtast, og møtet mellom desse situasjonane sender ut ei sjokkbølge. Det kan vere at ei rask trafikkgruppe tek att ei saktegåande trafikkgruppe som ligg bak eit saktegåande køyretøy. Då vert det sendt ei sjokkbølge bakover i trafikken. For andre situasjonar kan ein òg få at sjokkbølga går framover i forhold til vegen. Likevel, kan aldri sjokkbølga gå fortare enn sjølve trafikken (Aakre 2014). Eit skissert eksempel er vist i figur 2.



Figur 2: Eksempel på sjokkbølge (Aakre 2014)

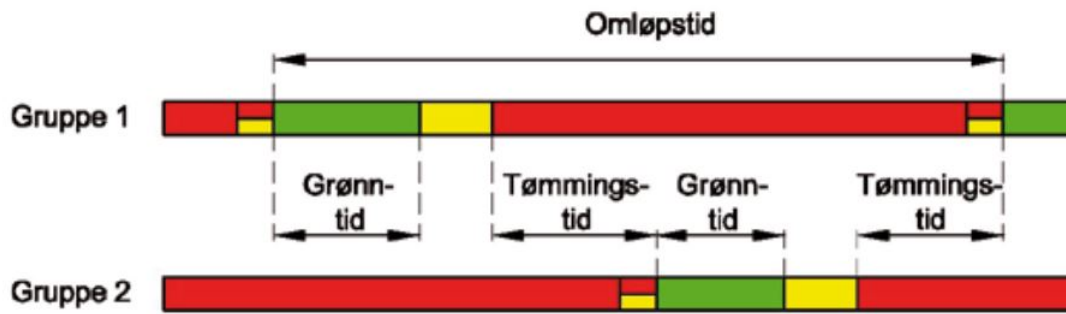
Teori om skyttelsignalanlegg

Ein nyttar skyttelsignalanlegg på vegstrekker under arbeid, der ein berre kan avvikele ei køyreretning om ganga. Det er viktig at ein ikkje nyttar skyttelsignalanlegg på strekker med kryss eller avkøyrslar. Har ein eit slik strekke må det sikrast med eige signal, skilt eller anna. (Statens Vegvesen 2014b, s. 37) For tidssetting av signalet, altså oppsett av omløpstid som er tida frå køyreretning nord får grønt ljøs til dei får det igjen, er avhengig av:

- lengda av signalregulert strekke
- hastigheita på strekket
- trafikkfordelinga på køyreretningane

Ved høgt trafikkvolum bør ein tilpasse signalet etter trafikkvariasjonar som formiddagsrush og ettermiddagsrush. (Statens Vegvesen 2014b, s. 38)

Som forklara i kapittel *teori om trafikkavvikling*, er det ein direkte samanheng



Figur 3: Signalvekslingsplan for skyttelsignalanlegg. (Statens Vegvesen 2014b, s. 38)

mellom hastigheit og flyt. Dette er difor diskutert i N301 der det står at “I perioder hvor trafikken kan gå som normal og det anses som forsvarlig, skal den midlertidige fartsgrensen økes eller fjernes”(Statens Vegvesen 2014a, s. 75). Ut frå dette har N301 sett opp følgjande verdiar for eit vegstrekk, vist i tabell 1. I tabellen, vist i Statens Vegvesen (2014a, s. 80) er det ein feil då dei har oppgjeve at ein får ei metningsluke på 4,5 sekund med 900 kjt per time, men i røynda er det $\frac{3600}{900} = 4,0\text{sek}$. Tabell 1 har sett opp at det er ein samanheng mellom fartsnivå, metningsluke og kapasitet. Det å sei at det er ein direkte samanheng mellom fart og kva metningsluke ein har til bilen framom vert heilt totalt feil å seie, då det ikkje finnst ein direkte samanheng mellom alle dei tre parameterane, slik dei står i tabell 1. Ved aukande fartsnivå vil ikkje tidsluka minke slik den er satt opp her. Ser ein på studiet som Weng, Meng og Fwa (2014) utførte om tidsluker gjennom anleggsområder, er det ingen metningsluker som er i nærheten av det tabell 1 tilseier. Ser ein på figur 1a, så er det slik at folk køyrer tettare ved lågare hastigheit, men at metningsluka aukar med høgare hastigheit. Altså motsett av det tabell 1 oppgjev. Einaste faktiske samanhengen ein kan nytte frå tabellen er samanheng mellom metningsluke mellom bilar og kapasitet.

Fartsnivå	Metningsluke	Kapasitet
$ca. 30 \frac{km}{t}$	6 sek	$600 \frac{kjt}{time}$
$ca. 40 \frac{km}{t}$	5 sek	$720 \frac{kjt}{time}$
$ca. 50 \frac{km}{t}$	4 sek	$900 \frac{kjt}{time}$

Tabell 1: Korrigert tabell, basert på (Statens Vegvesen 2014a, s. 80)

Skyttelsignalanlegg nyttast ofte for å regulere trafikken der ein berre kan avvikle ei køyreretning om ganga. Ein skal ikkje nytte signalanlegg om hastigheiten på strekket er høgare enn 60 km/t eller at trafikkmengda er så stor, samstundes som strekket er såpass langt at kapasiteten overskridast. Statens Vegvesen (2014a, s. 105) har kome fram til følgjande tabell for tømmeid for eit signalanlegg, vist i tabell 2. Tidene er rekna ut ved å nytte formel for tømmeid og legge til eit tillegg på fem sekund. I handbok N303 er formelen for tømmeid feil, då tillegget på fem sekund manglar (Statens Vegvesen 2014b, s. 38).

Lengde meter	Forventet gjennomsnittleg køyrehastigheit km/t				
	20	25	30	40	50
50	14	12	11	10	9
75	19	16	14	12	10
100	23	17	14	12	11
150	32	27	23	19	16
200	41	34	29	23	19
250	50	41	35	28	23
300		48	41	32	28
350			47	37	30
400				41	34
450				46	38
500				50	41

Tabell 2: Tømmeid ut frå strekningslengde og hastigheit (Statens Vegvesen 2014a, s. 105)

Ved kontroll av denne tabellen kjem det fram at det er feil for 25, 30, 40 og 50 km/t med lengde 100 meter. For lengda 300 meter og 50 km/t er det og ein feil. Tabell 3 viser ein korrigert tabell, der dei raude tala er endra til rett tømmeid.

På same måte har dei satt opp ein tabell for effektiv grøntid og omløpstid med ulik trafikkvolum og ulik tømmeid, vist i tabell 4. Denne tabellen inneheld også feil for tømmeid seks og ti sekund. Dei korrigererte og retta verdiane er vist i med raud skrift i tabell 5.

Tabell 4 vart og etterprøvd både manuelt og ved hjelp av eit regneark/app. Eit manuelt eksempel er vist, samt figurar som synar appen i aksjon ved $q = 400$ og tømmeid 20 sekund, er vist på side 9. Ein grafisk framstilling frå Excelmodellen er også lagt ved, som synar eit omløp er i vist i kapittel *Rekneeksempel og bruk av app*

Lengde meter	Forventet gjennomsnittleg køyrehastigheit km/t				
	20	25	30	40	50
50	14	12	11	10	9
75	19	16	14	12	10
100	23	19	17	14	12
150	32	27	23	19	16
200	41	34	29	23	19
250	50	41	35	28	23
300		48	41	32	27
350			47	37	30
400				41	34
450				46	38
500				50	41

Tabell 3: Korrigert tømmeid ut frå strekningslengde og hastigheit, korrigerede verdiar vist i raudt

Trafikkvolum begge retningar	Tømmeid i sekund					
	6	10	20	30	40	50
50	6/30	6/38	6/58	6/78	6/98	6/118
100	6/30	6/38	6/58	6/78	6/98	6/118
200	6/30	6/38	6/58	6/78	8/102	10/126
300	6/30	6/38	7/60	10/86	13/112	16/138
400	6/30	6/38	10/66	14/94	19/124	
500	6/30	8/42	14/74	20/106	26/138	
600	8/34	11/48	19/84	27/120		
700	10/38	14/54	25/96	36/138		
800	14/46	19/64	34/114			
900	18/54	26/78	46/138			
1000	28/78	37/100				
1100	40/98	57/140				
1200	Signalregulering bør ikkje nyttast					

Tabell 4: Effektiv grøntid for ei retning/omløpstid i tidsstyrte anlegg(Statens Vegvesen 2014a, s. 106)

Trafikkvolum begge retninger	Tømmetid i sekund					
	6	10	20	30	40	50
50	6/30	6/38	6/58	6/78	6/98	6/118
100	6/30	6/38	6/58	6/78	6/98	6/118
200	6/30	6/38	6/58	6/78	8/102	10/126
300	6/30	6/38	7/60	10/86	13/112	16/138
400	6/30	6/38	10/66	14/94	19/124	
500	6/30	8/42	14/74	20/106	26/138	
600	8/34	11/48	19/84	27/120		
700	10/38	14/54	25/96	36/138		
800	14/46	19/64	34/114			
900	18/54	26/78	46/138			
1000	26/70	38/102				
1100	40/98	58/142				
1200	Signalregulering bør ikkje nyttast					

Tabell 5: Korrigert effektiv grøntid for ei retning/omløpstid i tidsstyrte anlegg, korrigerte verdiar vist i raudt

Rekneeksempel og bruk av app

$$\text{Tømmetid} = 20\text{sek}$$

$$\text{Tappt tid}(L) = 2 * 20 + 2 * 3 = 46\text{sek}, \quad \text{der 3 sek er gultid}$$

$$\text{Trafikkvolum}(q) = \frac{400}{2} = 200 \frac{kJt}{t}$$

$$\text{Metningsvolum}(s) = 1500 \frac{kJt}{t}$$

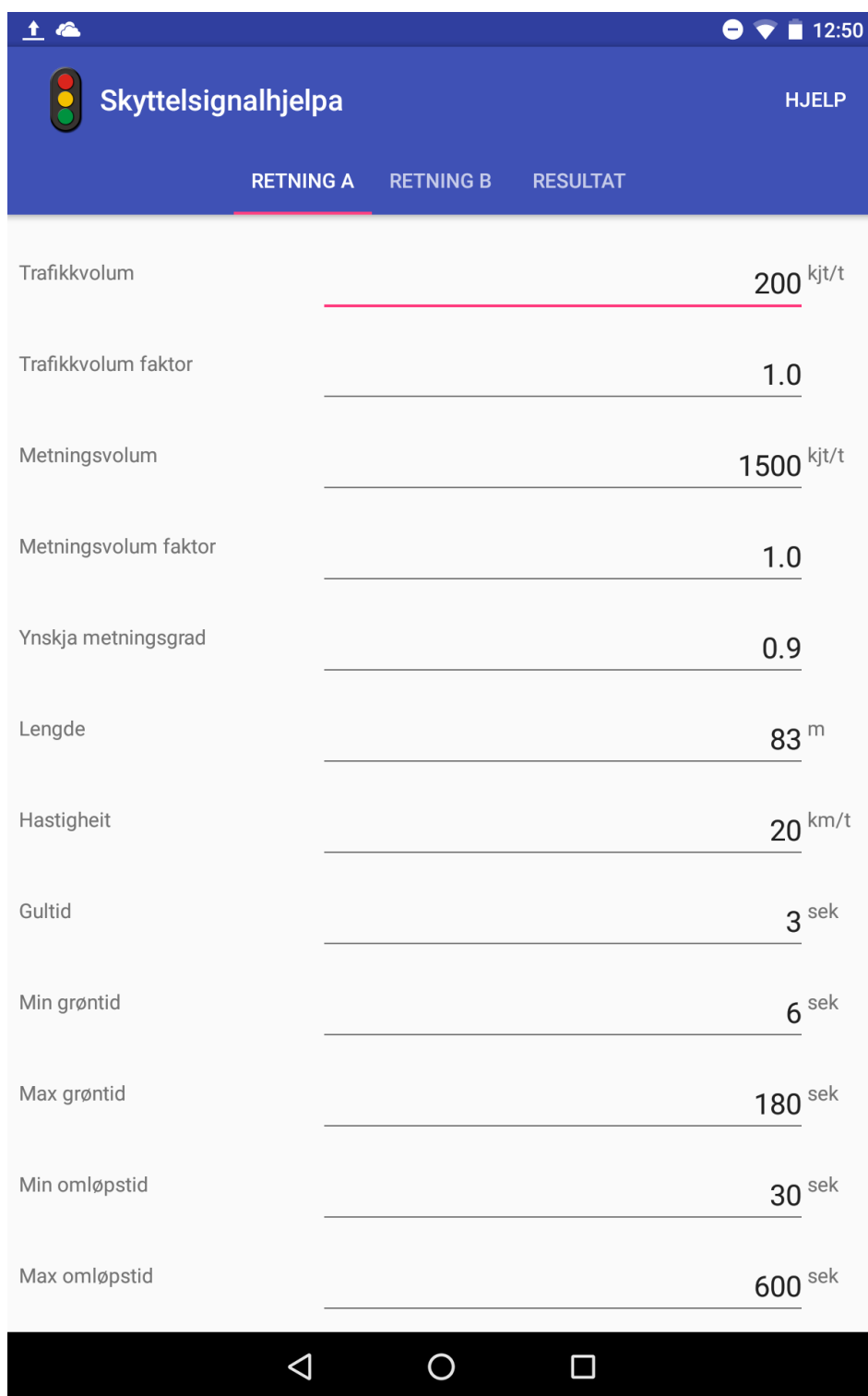
$$\text{Antek at metningsgraden}(x) = 0,9$$

$$\text{Relativ metning}(y) = \frac{q}{s} = \frac{200}{1500} = 0,133 \rightarrow \sum y_i = Y = 0,267$$

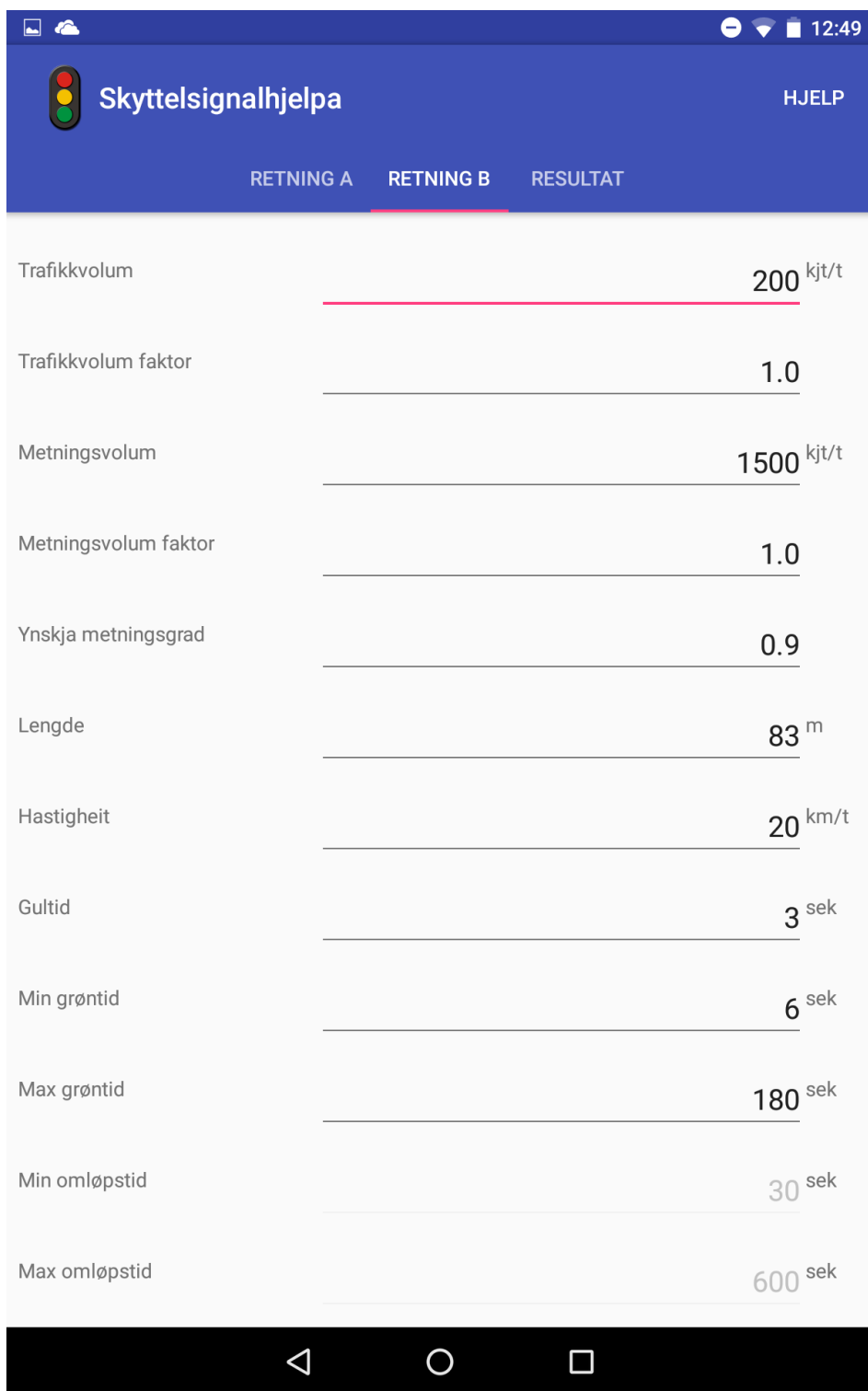
$$\text{Omløpstid}(c) = \frac{x * L}{x - Y} = \frac{0,9 * 46}{0,9 - 0,267} = 65,4\text{sek}$$

$$\text{Effektiv grøntid}(g) = \frac{65,4 - 46}{2} = 9,7\text{sek} \approx 10\text{sek}$$

$$\text{Ny justert omløpstid er då: } c = 2 * 10 + 46 = 66\text{sek}$$



Figur 4: Inngangsdata for retning A i appen, SKyttelsignalhjelpa



Figur 5: Inngangsdata for retning B i appen, SKyttelsignalhjelpa

12:42

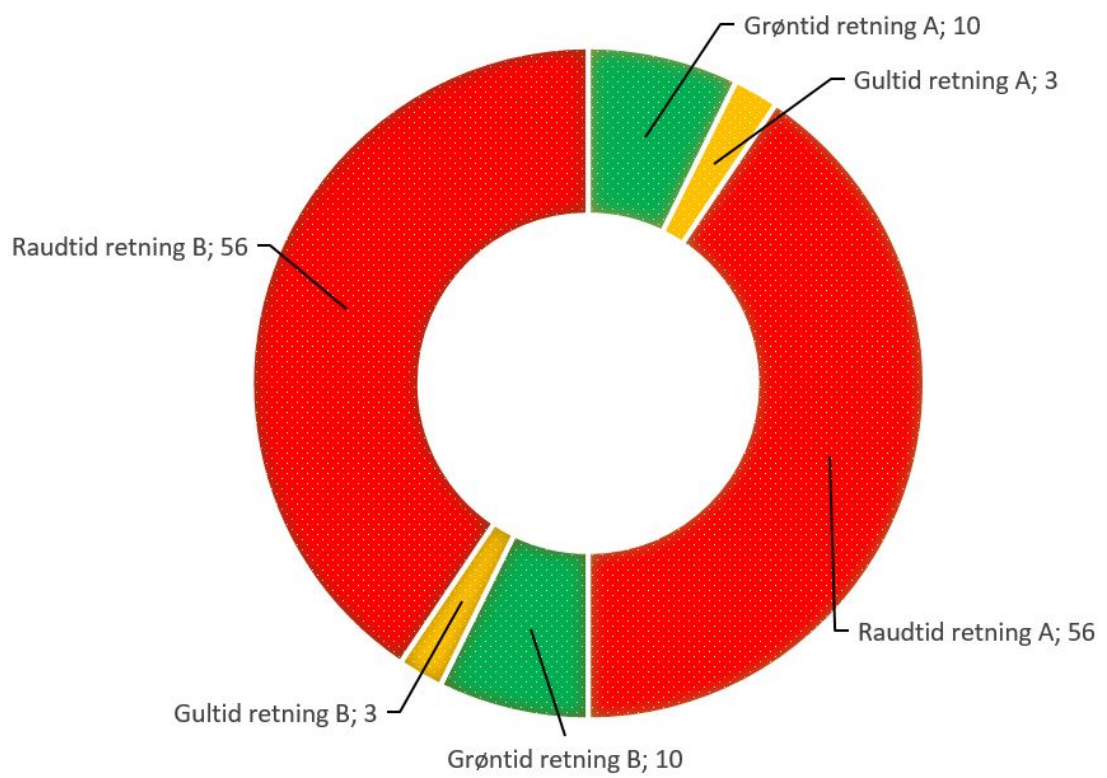
Skyttelsignalhjelpa HJELP

RETNING A RETNING B RESULTAT

Desimaler = 0

		Retning A	Retning B
Relativ metning	y	0	0
Tømmetid	T	20	20 ^{sek}
Tapt tid per omløp	L	46	sek
Omløpstid	c	66	sek
Raudtid	r	56	56 ^{sek}
Grøntid	g	10	10 ^{sek}
Metta grøntid	gs	9	9 ^{sek}
Umetta grøntid	gu	1	1 ^{sek}
Kapasitet	k	228	228 ^{kjt/t}
Total gj.sn forsinkelse	d	62	62 ^{sek/kjt}
Største gj.sn kø	Lm	5	5 ^{kjt}

Figur 6: Resultat frå appen, Skyttelsignalhjelpa



Figur 7: Diagram oversikt frå Excelmodell over eit omløp med $q = 400$, $s = 1500$, $t_t = 20$ og $x = 0,9$

Forskningsartiklar

Det har blitt utført fleire ulike studiar på korleis vegarbeid påverkar trafikkflyt, trafikantåtferd og sikkerheit. I følge Pline mfl. (2009, s. 39) kan anleggsområder vere ein ekstra fare for bilistar, då dei kan møte på uventa og forvirrende trafikkforhold. Dette har ført til at 2% av alle ulykker i USA skjer i veganlegg. Overskriding av hastigheit og trafikkulykker er noko Allpress og Leland (2010) diskuterer i sin artikkel, der dei skriver at mellom 2003 til 2007 omkom 23 personar, 66 vart hardt skadd og 347 vart mindre skadd på grunn av høg fart innan i eit anleggsområde. Det er ikkje bare ulykker som hender i anleggsområder, men ein har eit større tidstap òg. I følge Chin mfl. (2004, s. 91) var anleggsområder ansvarleg for 24,3% av all forseinkingar på amerikanske motor- og hovudvegar i 1999. Dette svarar til eit tap på 13,365 milliardar dollar i 1999. Dette heng saman med resultata til Cambridge Systematics (2004), som har funnet ut at 10% av kødanninga i USA, skuldast vegarbeid. Derfor er det viktig å forbetre trafikkavviklinga gjennom anleggsområder.

Hou mfl. (2014) påpeikar på at det er utført lite eller ingenting forskning på å utvikle prognoseverktøy for trafikk gjennom anleggsområder. Difor har det blitt sett på fleire måtar å komme opp med prognosar for trafikkavvikling gjennom anleggsområder. Av ulike trafikkavviklingsmodellar har det blitt forska på fleire scenario: Hou mfl. (2014) har sett på korleis ein kan gi lang- og kortidsprognoser for trafikkavvikling gjennom anleggsområder i urbane områder. I artikkelen er det undersøkt fire ulike metodar: *random forest tree*, *regression tree*, *multilayer feedforward neural network* og *nonparametric regression*. *Regression tree* og *random forest* har ikkje blitt nytta eller undersøkt tidelegare til prognosearbeid for trafikkavvikling (Hou mfl. 2014).

Weng og Meng (2015) har i artikkelen undersøkt korleis hastigheit - trafikkvolum kurver vil vere for eit anleggsområde. Tideligare studiar innan hastigheit - trafikkvolums analyser har ikkje teke omsyn til tal på anleggsoner, geometrien på linja, kor langt anlegget er, og oppgitt hastigheit. Resultata er at ein oppnår størst kapasitet for anleggsområdet ved høgare hastigheit gjennom anleggsområdet. Tal på anleggsoner og geometrien er med på redusere kapasiteten mest (Weng og Meng 2015).

Det har blitt utvikla ein mikrosimuleringsmodell som skal etterlikne sjåførar sin oppførsel når dei køyrer gjennom eit anleggsområde i eit urbant område med berre ei fil, samt trafikken vert regulert med skyttelsignal, som vist i figur 9 (Alterawi og Yousif 2014). Det har blitt utført liknande undersøkingar som har vore utgangspunktet for programvara *Quadro*, som har blitt nytta til å estimere tidstap gjennom eit anlegg med berre ei fil. Innan same problem undersøkte Tae Son (1999) korleis ein kan nytte kø modellar for å estimere gjennomsnittleg tidstap for ein

motorveg, når ein stengde ei fil. Alterawi og Yousif (2014) kom fram til at ved å nytte modellen til å justere signalanlegget, kunne ein auke kapasiteten på strekket opp mot 4%. Resultat viste at ein kunne auke med ytterligare 4% om ein hadde ein detektor som kunne oppdage bilar på opptil 80 meters avstand, i staden for 40 meter som er vanleg (Alterawi og Yousif 2014).

Yang mfl. (2014) såg på korleis ein kan utvikle ein trafikkflytmodell for eit gitt nettverk, som skal kunne nyttast for motorvegar, og vegar i tettbygde strøk. Fordelen i følge Yang mfl. (2014) er at modellen tek omsyn til følgande punkt:

- Tek omsyn til motorveg, og vegar i tettbebygde strøk.
- Taklar to-vegstrafikk.
- Modellen kan rekne med inngangs- og utgangspunktar.
- Kan rekne med felt som har trafikk som går rett fram og trafikk som må krysse venstre køyrefelt.

Resultatet av undersøkinga er at modellen kan vere med på å gi prognosar for korleis trafikken, går og korleis køen vil oppføre seg når ein har eit nettverk med motorveg, men med tilknytning til andre vegar som går i urbane strøk (Yang mfl. 2014).

Samferdselsdepartementet i Ontario har bedt om ei analyse der dei skal undersøke korleis kapasiteten er for eit anleggsområde med berre ei fil på motorvegar rundt Toronto (Nikolic mfl. 2014). Resultata var at anleggsområder med ei fil ikkje hadde same kapasitet som det ein antok som vanleg kapasitet for eit anleggsområde. Ein hadde òg store variasjonar mellom dei ulike områda, samt ulike observasjonar innan same område. Råda gitt frå Nikolic mfl. (2014) er å ikkje anta ein statisk kapasitet for eit anleggsområde, då det vil variere stort.

Det er ikkje berre innan trafikkmodellar og trafiksikkerheit gjennom anleggsområder som har blitt undersøkt. Walker og Calvert (2015) har sett på korleis trafikantar oppfører seg når dei køyrer gjennom anleggsområder. Korleis folk køyrer før og gjennom anleggsområder, er forskjellig for ulike regionar og kor ein kjem frå, då trafikantar i India køyrer forskjellig frå sjåførar i Noreg. Dette har med sosiale og psykologiske faktorar som er forskjellig frå person til person. Når ein så køyrer gjennom eit anleggsområde vil desse faktorane bli endå meir gjeldande.

I Danmark har dei arbeidd med å føreseia kva konsekvensar ein kan få ved vegarbeid. Dei har laga ei inndeling som beror på kva konsekvensar for trafikken, vegarbeidet medfører (Skoven Pedersen og Wegener Moltved 2014a). Desse kategoriane er vist i tabell 6.

<i>Kategori 0</i>	<i>Kategori 1</i>	<i>Kategori 2</i>	<i>Kategori 3</i>
"Ingen problem"	"Typisk ingen problem"	"Mogligheit for problem, maks. 10 min"	"Problem forventast, meir enn 10 min "
Det lagest ei trafikkvurdering, men beregning ikkje naudsaamt	Det kan lagast ei kapasitetsberegning, basert på konsekvensar som kan oppstå	Det skal lagast ei kapasitetsberegning	Det skal lagast ei kapasitetsberegning

Tabell 6: Kategoriar for vegarbeid og trafikkavvikling (Skoven Pedersen og Wegener Moltved 2014a)

Som ein ser i tabell 6 krevst det kapasitetsutrekningar for kategori 2 og 3, samt at det òg kan vere naudsynt for kategori 1. Ved slike kapasitetsberekningar reknar ein på kva slags køar som vil oppstå, i program som *Excel*, *DanKap* eller *VISSIM*. *DanKap* og *VISSIM* nyttast mest til køutrekning i samband ved komplekse eller fleire samanhengande kryss.

For å kunne gjere slike utrekningar er ein avhengig av trafikkdata. I Danmark er *Mastra* trafikkdatabasen deira, som står for *MASKinelle TRAfikkteøllinger*. *Mastra* tek inn data som køyretøy, hastighet, kva køyretøy som køyrer, samt informasjon om kva maskin som har registrert dataet ved det aktuelle teljepunktet (Skoven Pedersen og Wegener Moltved 2014b). Til *Mastra* finst det ein eigen modul for trafikkarbeid, som entreprenørar kan nytte slik at dei får dei beste trafikkdataet for det ynskte området og periode. På denne måten tek modulen omsyn til tid på året og kva område ein er i, slik at ein kan få realistiske data på køberekning ved eit vegarbeid.

Teori om metode

Litteraturundersøking

I arbeidet etter å finne relevant faglitteratur er søkemotoren til NTNU, *Oria* hovudsakleg nytta. *Google Scholar* er òg nytta, men ikkje like mykje. Litt informasjon er i tillegg funnet i *Arkitetkur- og byggbiblioteket*. I søket etter litteratur vart følgjande søkeord nytta: *vegarbeid* eller *veiarbeid*, *roadwork* og *traffic flow*, *traffic theory* og *traffic engeneering*, *roadwork*, *work zone* og *traffic flow*, *temporary traffic signals*, *work zone* og *traffic flow*. Referanselistene i andre artiklar er nytta til å finne andre relevante artiklar. Samstundes har Statens Vegvesen sine handbøker blitt nytta, då

dette er standarden ved planlegging av trafikkanlegg.

Litteraturundersøking er for å skaffe seg oversikt over korleis trafikkavvikling gjennom anleggsområder skjer, og kva metodar ein har for å rekne på korleis trafikken vil gå forbi eit anleggsområde.

Kvalitativ undersøking - Intervju

Det er tenkt at ein ynskjer å finne ut korleis trafikkavvikling gjennom anleggsområde vert planlagt og utført i praksis hos dei ulike aktørane i eit prosjekt. Dei aktuelle intervjuobjekta er byggherre, rådgivarar/konsulentar og entreprenørar. Det skal utførast eit kvalitativt intervju, som ifølge Dalland (2000, s. 122-123) går ut på å innhente kvalitativ kunnskap, uttrykt med vanleg språk. Vidare skriver Dalland (2000, s. 134) at om ein skal stille spørsmål om intervjupersonens arbeidsstad, så treng ein som regel godkjenning frå leiaren for verksemda. Når ein skal intervju, kan ein intervjuguide vere til hjelp. Den kan anten vere satt opp med ferdige formulerte spørsmål, eller at berre hovudtema er lista opp (Dalland 2000, s. 137). Ein intervjuguide skal utarbeidast slik at den kan sendast til intervjuobjekta, og at dei kan førebu seg og tenke ut gode svar. I følge Samset (2014, s. 136) har kvalitativ undersøking fleire fordelar som er relevant for intervjuet, særleg punktet om djupare innsikt.

Fordeler	Ulemper
Gir rom for meir detaljrikdom	Kan vere mindre truverdig enn harde fakta
Presenterer eit meir heilsleg bilete	Avhengig av evaluator sin truverdighet og vurderingsevne
Gjev djupare innsikt	Tek meir plass å dokumentere bevis

Tabell 7: Fordelar og ulemper ved kvalitativ undersøking. (Samset 2014, s. 136)

Ved kvalitativt intervju ynskjer ein å finne ut korleis byggherren ynskjer at trafikkavvikling skal skje, og i kva grad dei tenker og planlegg for det, når arbeid vert lyst ut på anbod. Her er det særleg relevant å få snakka med den som er ansvarleg for arbeidsvarsling hjå byggherren. Når det gjeld konsulentar og rådgivarar er ein interessert i korleis dei utformar løysingar for eksisterande trafikk forbi eller gjennom anleggsområder, og kva eventuelle krav dei får frå byggherren når det gjeld trafikkavvikling. For entreprenørar er det spennande å sjå kva dei gjer i praksis for å sikre god trafikkflyt, og i kva grad dei nyttar ein generell plan for arbeidsvarsling, eller om dei nyttar meir tilpassa planar. Forhåpentleg er det mogleg å få tak i ein arbeidsvarslingsplan av anten entreprenør eller byggherre på førehand, slik at ein

kan studere korleis desse er bygd opp, noko som kan gjere at ein kan stille meir realistiske spørsmål.

Utfordringa med intervju er å få tak i personar frå dei ulike institusjonane som er villige til å deltake på undersøkinga, og har tid til å svare grundig på spørsmåla. Dalland (2000) anbefalar å sende ut ein intervjuguide på førehand slik at dei kan førebu seg på spørsmåla. I dette tilfellet blir nok dette ikkje aktuelt då ein ynskjer ikkje at intervjuobjekta skal verte forutintatte, og eventuelt pynte på svara sine.

Kvantitativ undersøking - Feltarbeid

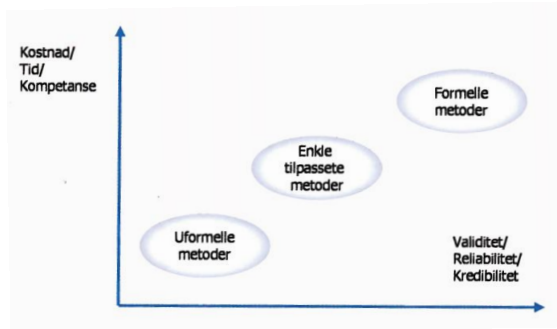
Det er interessant å kartlegge data korleis trafikken går forbi eit skyttelsignalanlegg og forbi eit anleggsområde. På denne måten kan ein prøve å optimalisere trafikkavviklinga gjennom eit skyttelanlegg. For å utføre dette er det tenkt å observere eit likande anlegg, vist i figur 9. Målet med kvalitative undersøkingar er ifølge Samset (2014, s. 134) at ein samlar inn data som kan nyttast til å skildre fenomen i eit eksakt format. Som tabell 8 viser, er det gunstig at ein kan teste forhold mellom variablar. Dette er særleg relevant når ein ynskjer å måle aktuelle verdiar som opptre for det utvalde testområdet.

Fordelar	Ulemper
Gjev informasjon i eit presist format	Krevst statistisk kompetanse
Kan teste forholdet mellom variablar	Mykje informasjon kan ikkje kvantifiserast
Kan generalisere funna til større populasjonar	Data kan både forvrengje og avsløre fakta

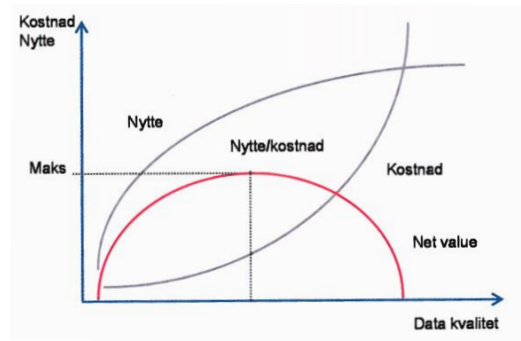
Tabell 8: Fordelar og ulemper ved kvantitativ undersøking. (Samset 2014, s. 136)

Som ein ser i figur 8a må ein ta omsyn til både kostnad, tid og kompetanse i forhold til kva validitet, reliabilitet og kredibilitet ein får når det gjeld dataet. Vidare må ein velje mellom presisjon og kostnaden av data, vist i figur 8b.

I masteroppgåva er målet å undersøke relevante data for eit anleggsområde som nyttar skyttelsignal. Då ein har avgrensa med midlar, samt at kvaliteten ikkje vil auke betrakteleg skal det nyttast kamera til å studere situasjonen. Det skal nyttast to kamera som kan registrere når ljuset vert grønt, og bilen startar. Samstundes må det vere eit kamera i enden av anlegget som kan registrere når bilen passerar stopplinja. Den største utfordringa med denne metoden er å ha synkroniserte videoopptak slik at ein kan lett undersøke dei ulike tidsparameterane.

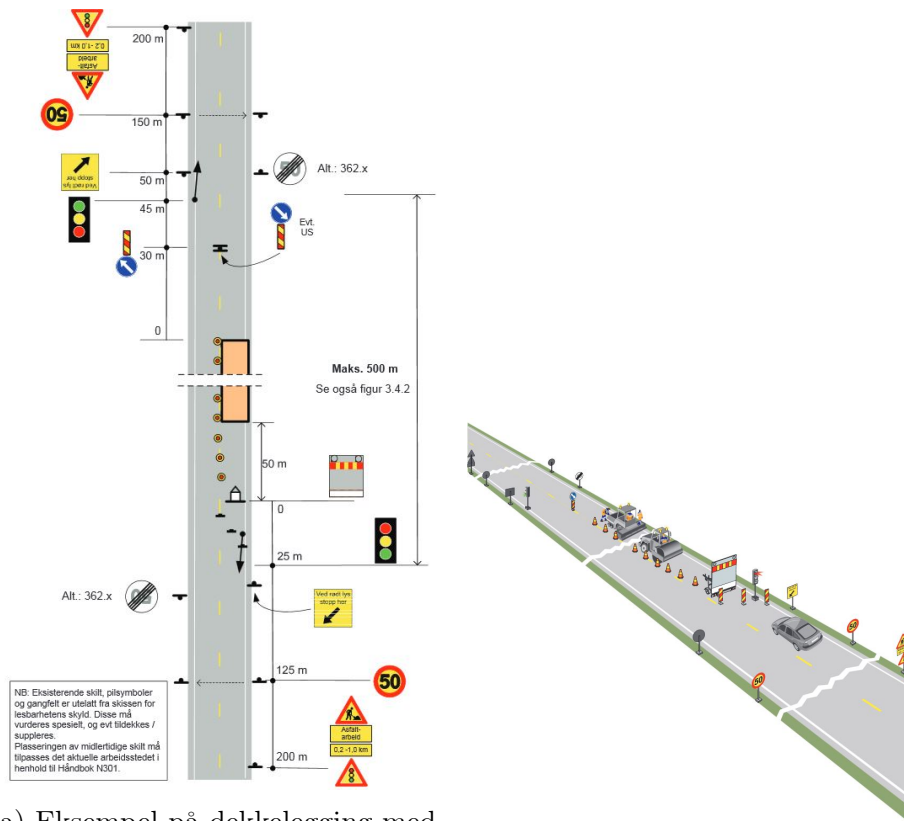


(a) Kategoriar av datainnsamlingsmetodar



(b) Avveining mellom presisjon og kostnaden av data

Figur 8: Datainnsamlingsmetodar, kvalitet og kostnad (Samset 2014, s. 138-139)



(a) Eksempel på dekkelegging med bruk av trafikkslyssignaler

(b) Oversiktsskisse over eit anlegg

Figur 9: Oppsett og oversikt av eit relevant veganlegg (Statens Vegvesen 2014a, s. 164-165)

Feltarbeid

I tidsplanen som vart satt opp i prosjektoppgåva, var det satt opp feltarbeid på anlegg allereie i midten av februar. I etterkant har det vist seg at det er svært få anlegg på våren som har skyttelsignalanlegg. Dei fleste anlegga i Trøndelag har også hatt svært beskjede trafikkvolum. Likevel har fem forskjellige anlegg blitt observert, der fire av dei har blitt nytta til analysearbeid. Dette kapitlet omhandlar planlegginga av feltarbeidet og utføringa, kva som gjekk bra, dårleg og kva ein bør tenke på ved om ein skulle utført meir feltarbeid.

Roald Amundsens vei, Trondheim

Det skulle leggest ned ein kulvert i Roald Amundsens vei, ved Møllebakken 03.03. Avtale vart gjort i februar med entreprenøren, at eg fekk lov å filme trafikken og skyttelsignalanlegga som skulle nyttas til å dirigere trafikken. Når anlegget var i gang og kamera var satt opp, fekk eg opplyst at dei ikkje kome til å nytte skyttelsignalanlegga før neste dag. Sidan eg hadde lagt andre planar på eit tidelegare tidspunkt for 04.03 til 06.03 vart det dessverre ikkje noko feltregistreringar. I etterkant var det tydelig at ein kunne lagt meir vekt på ein klårare diskusjon og samtale, slik at ein på den måten hadde sluppet å bruke fleire timer på bortkastet feltarbeid. Hadde ein kunne målt rushtrafikken om morgonen og ettermiddagen, kunne ein nok fått relativt gode resultat med tanke på metningsvolumet, då trafikkvolumet i rushtida var observert til å vere nok til å lage litt kø. Skyttelsignalanlegget dei nytta var frå Euroskilt med basic programmering, så her hadde ei analyse hovudsakleg bestått i å måle metningsvolumet, metningsgraden, minste grøntid og tømmeida. Basert på erfaring frå dei andre skyttelsignalanlegga med basic programmering, er det mogleg å optimalisere skyttelsignalanlegga med omsyn spesielt til tømmeida, så denne hadde vore interessant å kartlegge.

E14 Forra bru, Stjørdal

Forra bru er ei gamal bru som no vert riva og byggast på ny. Trafikken har vore styrt av eit signalanlegg som er detektorstyrt. For å avvike trafikken medan dei arbeider på Forra bru, er det satt opp ei mellombels bru som nyttar det same signalanlegget som var ved den gamle brua. Dette signalanlegget viste seg å fungere svært bra då det aldri samla seg opp kø, grunna at signalanlegget var svært godt tilpassa dei lokale trafikkforholda. Ut frå trafikkdata hadde eg lite håp om at det faktisk kom til å danne seg kø, men fant ut at ei synfaring kunne vere lurt. På den



Figur 10: Forra bru

måten får ein sett korleis trafikken oppfører seg når den nærmar seg eit anlegg og kva som kan vere lurt å legge merke til ved andre feltobservasjonar. Både byggherre og entreprenør vart kontakta på førehand slik at eg fekk godkjenning av dei til å filme anlegget. Trafikken vart filma under morgontrafikken frå 07.00 til 10.00 og frå 14.00 til 16.00, torsdag 17.03. Sidan trafikkavviklinga var såpass god over brua og at ein ikkje fekk bygd opp noko kø, så vart det ikkje utført noko analyser. Turen var likevel interessant då ein fekk sett kor godt eit signalanlegg kan fungere til å avvikle trafikken. Sidan brua var under signalregulering før anlegget kom opp, var det lite som tyda på endra køyreåtfærd. Sidan kameraet stod ganske nærme vegen og eg stod ved sidan av det, stoppa ein bil opp for å spørje kva som hende. Sjøføren vart ganske irritert og ville ha svar på kva videoen skulle nyttast til og om det var anonymt. Dette skapa faktisk ein liten kø av bilar som byrja å tute. Heldigvis oppstod det ikkje ein farleg trafikal situasjon, men etter dette vart kamera som vart nytta til feltarbeid satt lengre ut frå vegbanen og meir skjult slik at dei ikkje skulle vere eit faremoment langs vegen som kunne ta bort merksemda frå sjåførane.

Fv877 Engelåsvegen, Bratsberg

Ved Engelåsvegen, heilt nede med Bratsberg skulle det utførast arbeid ved å kople bustadar på det kommunale vass- og avløpssystemet. Dette medførte at eit strekke

på 288 meter av vegen vart gjort om til berre eit felt. Sidan området ligger relativt nært Trondheim var det håp om at det kanskje kunne vere litt rush trafikk på morgonen. Byggherre vart kontakta for tillating til å filme og vitje anlegget. Anlegget vart observert onsdag 13. april og torsdag 14.april. Onsdagen vart målingane ganske mislykka, då eg køyrte feil og undervurderte tidsbruken, noko som gjorde at eg kom seint fram til anlegget, rundt 07.30. Sidan området ligg ca. 25 minutt frå sentrum, fant eg ut at desse reiser gjerne tidelegare inn til byen sidan dei har lengre reise. Derfor var eg klar 06.45, torsdag 14.03. Då vart alle bilar tald på staden med ein manuell klikkar, medan kamera på kvar side filma trafikantane. Kamerane var skjult, basert på erfaringa frå Forra bru. Ein anna grunn til å skjule kamerane var å hindre at sjåførar skulle stoppe og stele kamerane, då eg ikkje kunne halde oppsyn med begge kamerane til ein kvar tid. Sjølv om området ikkje er så langt unna Trondheim, var det likevel ikkje noko særleg trafikkvolum. Dette førte til at eg berre fekk to små køar, med høvesvis fire og tre bilar. Dette er eit for tynt datagrunnlag til å rekne metningsvolum, men då tilgjengelege anlegg, samt data var så dårleg på det gitte tidspunktet, valde eg å gå vidare med ei analyse. Når det gjeld metningsvolumet, så kan ein ikkje validere denne mengda. Ved gjentake observasjonar over ei veke, kunne ein kanskje fått meir pålitelege målingar. Lengda på anlegget vart målt ved hjelp av eit målehjul, for å kunne rekne ut tømmetida. Denne var særleg interessant å kartlegge då prosjektleiar hadde informert om at skyttelsignalanlegget var programmert med basic instillingar.



Figur 11: Engelåsvegen

For å teste at basic parameterane i skyttelsignalanlegget ikkje hadde vore endra vart omløp utan trafikk, undersøkt. På denne måten kunne ein måle minste grøntid, omløpstid og gultid. Effektiv grøntid målte ein direkte ut frå kva ein såg. Vidare målte ein omløpstida, for så å rekne ut tapt tid som er omløpstid minus grøntid. Ut frå tapt tid og målt gultid kan ein rekne ut tømmetida. Sidan det var svært lite trafikk på strekket, køyrde eg fleire turar fram og tilbake for å sjekke om tømmetida kunne utvidast basert på om detektoren kunne oppfatte om eg hadde køyrt ut, noko den ikkje kunne. Sidan anlegget var på eit rett strekke som var oversiktleg, så kunne køyretøy på veg ut av anlegget observerast på god avstand. Derfor ville køyretøy som fekk grønt ikkje starte å køyre før eg hadde passert stopplinja. Under alle forsøka eg utførde, var det ingen bilar som stod å venta, så det medførte ingen forseinkingar for andre køyretøy. Til å teste detektoravstanden køyrte eg under 10 km/t mot detektoren. Med ein gang detektoren bytta over, stoppa eg køyretøyet og sat eit merke i snøen. Etterpå var avstanden frå merket i snøen til detektoren målt. Dette var for å sjekke om oppgitt detektoravstand var i samsvar med den observerte, noko den ikkje var.

Rv3, Innset

Langs Rv3 ved Gullikstad skulle dei forbetre trafikksikkerheita ved å hovudsakleg forbetre sideterrenget, samt at Innset sentrum skal byggast om. Til å leie trafikken forbi arbeidet vart detektorstyrte skyttelsignalanlegg nytta. Byggherre og entreprenør vart kontakta og avtale om besøk og observasjon gjekk i orden, for så at feltarbeidet vart utført måndag, 18.04. Rv3 er kjend som ei svært viktig ferdsselsåre mellom Oslo og Trondheim, særleg for mykje av tungtrafikken med ein tungtrafikkdell på heile 28% (Statens Vegvesen 2014c). Sjølv om trafikkvolumet er ganske beskjedent, var det eit håp om at køyretøya som er på veg både mot Oslo og Trondheim, skulle samle seg og skape litt kø ved skyttelsignalanlegga. Dessverre slo ikkje heilt denne teorien til, då køane var ganske små med hovudsakleg tre til fem køyretøy. Ved kvart skyttelanlegg vart kamera løynd og satt ut til å overvake køane vist i figur 12 og 13.

Entreprenøren kunne fortelje at anlegget var programmert med basic, som betydde at særleg tømmetida var interessant å kartlegge. Med tanke på at vegbanen var til tider relativt smal, samt mykje tungtrafikk var eg i tvil om eg skulle måle eller ei, då køyretøya kom fort, og ein til tider ikkje hadde nokon andre stadar å gå ut til sida. Derfor vart entreprenøren kontakta for å høyre om dei sat på noko informasjon angående lengda på anlegget. Tilbakemeldinga var litt usikker, men dei anslo rundt 300 meter. Dette virka kort og eg valde difor å utføre ei måling med metershjulet. Resultatet var 500 meter! Altså 66,67% lengre enn det entreprenøren anslo. Til



Figur 12: Rv3, retning Trondheim



Figur 13: Rv3, retning Oslo

å kartlegge omløpstida, effektiv grøntid, raudtid og gultid vart fleire omløp utan køyretøy observert. Til å kartlegge tømmetida var video frå anlegget studert frå når dei passerte stopplinja, til dei kom ut. Eg køyrde og i køar med fleire vogntog der eg tok tida frå dei køyrte inn i anlegget og ut av anlegget. På denne måten hadde eg forsikra meg at eg hadde eit representativt utval om videoane ikkje ville late seg synkronisere. Detektoravstanden vart testa på same måte som ved Engelåsvegen, og med same resultat.

Østensjøveien bro

Under det eine intervjuet fekk eg kontaktinformasjon til ansvarleg for arbeidsvarslinga for Østensjøveien bro over Brynstonellen. I mangel på anlegg med stort trafikkvolum, kontakta eg den ansvarlege onsdag 20.04 og vart invitert til Oslo, og Østensjøveien bro, fredag 22.04. Trafikken var ikkje styrt av skyttelsignalanlegg, men dei nytta manuell dirigering. I utgangspunktet vart skyttelsignal nytta, men på under 30 minutt var køane så store at dei bygde seg langt nedover Ring 3. Derfor vart manuell dirigering nytta i staden for skyttelsignalanlegg. Det er berre mellom 22.00 og 06.00 at skyttelsignalanlegg nyttast, då trafikkvolumet er mykje mindre i den perioden. Sjølv om det er manuell dirigering er det like vel fullt mogleg å kartlegge metningsvolum og vidare bestemme metningsgraden. Studiar eller feltarbeid for å kartlegge metningsgraden for trafikk gjennom anleggsarbeid har ikkje vore utført. Det vart utført tre teljingar av trafikkvolumet, samstundes som trafikken vart filma. Ein for morgonrushet, 09.45 til 10.45, midt på dagen 12.05 til 13.05 og ei for ettermiddagsrush frå 15.00 til 16.00. I etterkant var konklusjonen at fredag er ein ikkje like egna dag for observasjon som dei andre arbeidsdagane, då dirigentane som hadde stått der i fleire månadar kunne fortelje at fredagan hadde mindre trafikk, særleg på ettermiddagen. Dette er i samsvar med dei registrerte data eg fekk over trafikkvolum, men er i strid med Statens Vegvesen (2011, fig.3.2) som viser at fredag ikkje har noko særleg mindre trafikk enn dei andre arbeidsdagane. Dette er nok sidan folk foretrekk å slutte tidelegare på jobb på fredagar. Likevel, skulle eg utført dette feltarbeidet på ny, skulle eg ha reist dagen før slik at ein kunne vore ute på anlegget frå 07.00 og gjort målingar. Som Statens Vegvesen (2011, fig.3.1) viser er det størst trafikkvolum mellom 08.00 og 10.00. Altså starta feltarbeidet litt seint, sjølv om eg nytta det tidelegaste flyet frå Værnes.

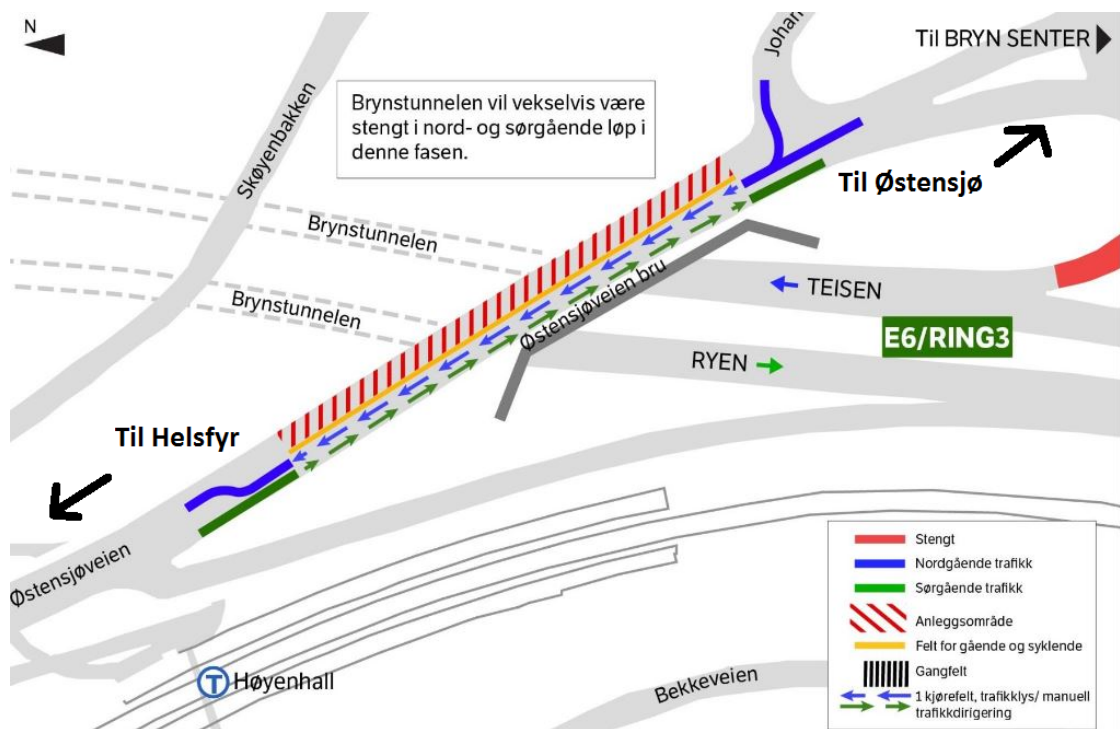
Ved å observere, samt å snakke med trafikkvaktene fekk eg observert kor farleg manuell trafikkdirigering kan vere. Mange er utolmodige og ynskjer ikkje å bli stoppa. Under feltarbeidet vart til og med ein av trafikkdirigentane påkøyr. Heldigvis gjekk det bra med vakta då farten var låg. Føraren hadde stoppa bilen, men byrja så igjen å køyre. I dette tilfellet var det ein overlagt handling, men det viste òg at



Figur 14: Retning Østensjø



Figur 15: Retning Helsfyr



Figur 16: Oversiktskart over anlegget på Østensjøveien bru

ein må være svært skjerpa og ikkje minst svært tydelig. Vifter ein litt med armene kan dette tolkast som køyr, som vidare kan føre til farlege situasjonar.

Kor effektivt manuell dirigering er til å avvikle trafikk vart demonstrert under feltarbeidet. Då ein dirigent kan observere trafikken på fleire hundre meters avstand og vurdere faren for kø oppbygging, har ikkje skyttelsignalanlegg denne eigenskapen. Difor vil manuell dirigering vere svært effektivt når det gjeld å avvikle trafikken, så lenge dei byrjar å akseptere svært store metningsluker, altså at dei ventar på køyretøy som kjem lenge etter ein metta kø. Det passerte fleire uttrykingskøyretøy medan arbeidet hende og desse fekk sjølvstøtt prioritet hjå trafikkdirigertane som sikra dei klar bane. Dette er igjen noko eit skyttelsignal ikkje greier å ta omsyn til.

Det var lagt opp ein eigen veg for gang og sykkel. Mange av syklistane ville ikkje sykle denne ruta, men valde å sykle med trafikken. Dette var sjølvstøtt med å seinke trafikken, og dette har ein prøvd å tatt omsyn til i analysa ved å sette ein svært låg hastigheit for strekket. Sidan det var eit urbant område, vart berre eit kamera nytta, då det var vanskeleg å løyne det kameraet som skulle stå åleine. Derfor er ikkje noko data samla inn på kva den faktiske tømmetida var. I etterkant har ansvarleg for arbeidsvarslinga blitt kontakta for å få vite korleis skyttelsignalanlegga som var der i utgangspunktet var programmert, med omsyn til omløpstid, effektiv grøntid,

raudtid, minste grøntid og største grøntid. Dette hadde vore interessante data å fått kartlagt for så å kunne samanlikne med resultatata frå analysa. Dessverre har ikkje nokon av kontaktforsøka ført fram.

Kong Øysteins veg

Etter gjennomlesing av artikkelen meinte rettleiar at eg burde utføre eit nytt feltarbeid og få inn endå meir data. Derfor kontakta eg ein entreprenør som har eit anlegg i Kong Øysteins veg. Torsdag 19.05 var eg å utførte eit feltarbeid om ettermiddagen der eg filma og talde køyretøy under ettermiddagsrushet. Her viste eg at trafikkvolumet skulle vere høgt nok, då Statens Vegvesen (2016) oppgav ein ÅDT på 8970 i 2015. Derfor reiste eg opp med store forhåpningar om å kunne få stabile målingar når det gjaldt metningsvolumet. Resultatet vart svært bra der eg fekk inn heile 36 køar i løpet av ein times observasjon frå 15.40 til 16.40. Målingane for metningsvolumet sprika ein del på grunn av tunge køyretøy, men også på grunn av at ein del sjåførane reagerte seint, eller var opptekne med noko anna medan dei venta på grønt ljøs. Alle målingane der metningsvolumet låg under 1 600 kjt/t er på grunn av lite merksemd frå ein eller fleire sjåførar eller at det er eit tungt køyretøy. Sidan anleggsarbeiderane skulle ta tideleg helg, fekk eg intervju dei korleis dei hadde satt opp det tidsstyrte skyttelsignalanlegget, og kva tider som var programmert. Etter kvart som anlegget vart observert, vart det tydeleg at tømmetida som var oppgitt frå entreprenøren ikkje stemte. Derfor valde eg å kontrollmåle alle tider. Å kontrollmåle tømmetida var ei stor utfordring då eg måtte stå på ei side og registrere tida frå ljuset går i raudt til eg ser køyretøya på andre sida starter å køyre. Dette har sjølvsagt ein stor usikkerheit, men det var ingen andre alternativ. Figur 17 og 18 viser bilete frå anlegget under feltarbeidet.

Lengda på anlegget vart målt ved hjelp av eit målehjul. Her var det litt uvisse om kva resultat som skulle nyttast i analysa. Ser ein på figur 17 så ser ein at stoppskiltet er heile 30 meter frå sjølve signalanlegget, medan stoppskiltet er bare tre meter frå signalanlegget på figur 18. Ein kunne evt. diskutert om ein skulle nytte 75 meter til å rekne tømmetid for retning Valentinlyst, og 105 meter for retning Moholt, då forskjellen vert tre sekund mindre tømmetid. Til slutt vart det bestemt at dei 30 siste meterane kan faktisk vere ei konfliktzone for køyretøya som skal mot Moholt, og derfor vart 105 meter vald som avstand mellom stopplinjene for begge retningar.



Figur 17: Kong Øysteins veg, retning Moholt



Figur 18: Kong Øysteins veg, retning Valtinlyst

Intervju

For å kunne skape gode intervjuguidar vart handbok N301 nytta, då den legg føringar for korleis arbeidsvarslingar og arbeid ved veg skal planleggast og utførast. Sidan N301 aldri diskuterte bruk av konsulentar, vart to konsulentar kontakta for å høyre i kva grad faktisk bidreg når det gjeld trafikkavvikling gjennom anleggsområder. Ut frå svara bestemte eg at, svara var dekkande nok for korleis dei arbeider med temaet, og gjekk derfor ikkje vidare med å lage ein intervjuguide til konsulentane.

For å kunne gode spørsmål til entreprenørane og byggherren rundt temaet fekk eg kontakta både byggherre og to entreprenørar, slik at dei kunne sende meg eit par arbeidsvarslingsplanar frå ulike prosjekt. Eg fekk tak i både generelle og spesifikke arbeidsvarslingsplanar. Dette vart gjort for å eit faktisk forhold til kva det er, enn berre å lese kva dei nyttast til i handbok N301. Dei vart nytta til å utarbeide spørsmål til intervjuguiden, som skulle omhandle arbeidsvarslingsplanar, og korleis dei er knytt opp mot trafikkavvikling. Erfaringer frå besøket hjå Euroskilt vart nytta til å kunne spør meir om korleis programmeringa av skyttelsignalanlegga hende. Intervjuguiden som er utarbeida til byggherre og entreprenørane er skriva på ein munnleg form, då eg ville ha eit telefonintervju som gjorde det mykje lettare å stille oppfølgingsspørsmål, samt at ein telefonsamtale fører meir til ein samtale rundt temaet i tillegg til spørsmåla, som førte til at eg fekk meir heilheitlege svar rundt korleis dei arbeider.

Dessverre vart det svært vanskeleg å få tak i entreprenørar. Sjølv om fleire entreprenørar vart kontakta kom det bare tilbakemelding frå to, som kunne vere med på intervjuet. I etterkant har eg innsett at verdien av intervjuet er mindre med så få tilbakemeldingar. I staden for å sende to rundar med mailforespørel om intervju, burde ein nok i staden ha ringt til entreprenørane og avtalt intervju. Eg tenkte at byggherre, representert ved Statens Vegvesen arbeider relativt likt, då dei er same organisasjon, kontakta eg berre ein prosjektleiar for å utføre byggherreintervjuet. Denne prosjektleiaren arbeidde på eit lite anlegg og kanskje var svara litt påverka av dette. Derfor burde nok ein prosjektleiar ved eit stort prosjekt også vore intervjuet. Ein del av spørsmåla viste det seg heller ikkje at prosjektleiaren kunne svare på og eg måtte difor kontakte trafikkseksjonen. Derfor er nokre av svara basert på svar frå trafikkseksjonen. I etterkant har eg sett at eg burde intervjuet fleire prosjektleiarar hjå forskjellige byggherrar for å avduke om det berre var den eine prosjektleiaren som ikkje kunne svare, eller om alle ikkje kunne svare. Spørsmåla som vart sendt til trafikkseksjonen er spørsmål 2, 4, 8 9 og 11 frå intervjuguiden, som er i appendiksen.

Vidare arbeid

Forslag til vidare arbeid er å få samla inn meir data frå anlegg som har stort nok trafikkvolum. Deretter må ein utføre ein analyse, for så å prøve å setje opp eit skyttelsignalanlegg basert på resultatata frå analysen. Handbok N301 som er normalen for korleis ein skal programmere eit skyttelsignalanlegg burde bli utbetra, særleg med tanke på utrekning av tømmeid og programmering av effektiv grøntid og omløpstid. Særleg figur 3.4.3 i N301 kunne vore skildra svært mykje betre kva som ligg til grunn, gjerne vist med eit eksempel. Appen som er utvikla kunne ein ha arbeidd vidare med, med å implementere eit varsel om at signalregulering ikkje bør nyttas om ein har for høg tømmeid og trafikkvolum. Arbeid med å gjere appen og Excelarket meir brukarvennleg bør utførast. Særleg appen kan ha potensiale til å kunne bli svært mykje betre. Hadde ein gått vidare med den, kunne ein lagt inn GPS til å måle lengda på anlegget ved hjelp av appen. Ein kunne også implementert ein filmfunksjon av trafikken, der ein filmar metta kø. Ut frå dette filmklippet kan appen rekne ut metningsluke. Dette ville vore til stor hjelp for ein entreprenør som har det travelt med å setje opp eit anlegg.

Tilbakemelding og erfaringar syner at det er mogleg å optimalisere skyttelsignalanlegga. Dette arbeidet med å optimalisere, samt tale med både entreprenør og byggherre om å optimalisere, er noko som bør arbeidast med vidare. Ein kunne utarbeide ei sjekklste når det gjeld trafikkavvikling for intern og ekstern kontroll av anlegg.

Referansar

- Allpress, J. og Leland, L. (2010). «Reducing traffic speed within roadwork sites using obtrusive perceptual countermeasures». I: *Accident Analysis And Prevention* 42.2, s. 377–383. ISSN: 0001-4575. DOI: 10.1016/j.aap.2009.08.014.
- Alterawi, M. og Yousif, S. (2014). «Modeling Shuttle-Lane Roadwork Operated by Temporary Traffic Signals Using Microsimulation». I: *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems* 15.5, s. 2159–2168. ISSN: 1524-9050. DOI: 10.1109/TITS.2014.2311162.
- Cambridge Systematics (2004). *Traffic Congestion and Reliability: Linking Solutions to Problems*, s. 104. URL: http://www.ops.fhwa.dot.gov/congestion_report_04/congestion_report.pdf (sjekka 23.11.2015).
- Chin, S.-M. mfl. (2004). *Temporary losses of highway capacity and impacts on performance: Phase 2*. URL: http://www.cta.ornl.gov/cta/Publications/Reports/ORNL_TM_2004_209.pdf (sjekka 23.11.2015).
- Dalland, O. (2000). *Metode og oppgaveskriving for studenter*. 3. utg. Helse & sosial : høgskoler. Gyldendal akademisk. 277 s.
- Det Kongelige Samferdselsdepartement (2013). *Meld. St. 26 (2012 – 2013) - 813774*. URL: http://www.ntp.dep.no/Forside/_attachment/502793/binary/813774?_ts=1400c273da8 (sjekka 12.04.2016).
- Hou, Y., Edara, P. og Sun, C. (2014). «Traffic Flow Forecasting for Urban Work Zones». I: URL: http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=6982210 (sjekka 10.11.2015).
- Nicholas J. Garber (2010). *Traffic and highway engineering*. I samarbeid med L. A. Hoel og R. Sarkar. 4th ed., SI-ed. prepared by Raju Sarkar. Cengage Learning. xviii+1229. ISBN: 978-0-495-43853-3.
- Nikolic, G. mfl. (2014). «Work-zone traffic operation and capacity». I: *Transportation 2014: Past, Present, Future-2014 Conference and Exhibition of the Transportation Association of Canada//Transport 2014: Du passé vers l'avenir-2014 Congrès et Exposition de l'Association des transports du Canada*. URL: <http://trid.trb.org/view.aspx?id=1343601> (sjekka 10.11.2015).
- Pline, J. L. mfl. (2009). *Traffic engineering handbook*. 6th ed. ITE. xix+717. ISBN: 978-1-933452-34-0.
- RIF (2015). *Norges tilstand: 2600 milliarder i etterslep*. Norges tilstand: 2600 milliarder i etterslep. URL: <http://www.rif.no/nytt-fra-rif/2015/norges-tilstand-2600-milliarder-i-etterslep/> (sjekka 05.11.2015).
- Samset, K. (2014). *Prosjekt i tidligfasen : valg av konsept*. 2. utg. Fagbokforl. 400 s. ISBN: 978-82-450-1754-0.

- Skoven Pedersen, K. og Wegener Moltved, N. E. (2014a). *Hvordan forudser vi de trafikale konsekvenser ved vejarbejder - 1972.pdf*. URL: http://www.vejforum.dk/Net_Docs/CFP_Presentationer/1972.pdf (sjekka 13.12.2015).
- Skoven Pedersen, K. og Wegener Moltved, N. E. (2014b). *Hvordan forudser vi de trafikale konsekvenser ved vejarbejder - 1972.pdf*. URL: http://www.vejforum.dk/Net_Docs/CFP_Artikler/1972.pdf#page=1&zoom=auto,-255,567 (sjekka 13.12.2015).
- Statens Vegvesen (2011). *Håndbok V714 - Veileder i Trafikkdata*. 179 s. ISBN: 978-82-7207-630-5. URL: http://www.vegvesen.no/_attachment/256135/binary/997080?fast_title=H%C3%A5ndbok+V714+Veileder+i+Trafikkdata.pdf (sjekka 16.05.2016).
- Statens Vegvesen (2014a). *Arbeid på og ved veg : krav og retningslinjer til varsling og sikring - Håndbok N301*. 6. utg. Bd. N301. Håndbok (Statens vegvesen : online). Statens Vegvesen. 265 s.
- Statens Vegvesen (2014b). *Håndbok N303 -Trafikksignalanlegg*. Håndbok (Statens vegvesen : online). Statens Vegvesen. 61 s. ISBN: 978-82-7207-609-1.
- Statens Vegvesen (2014c). *Rydder sikten for 8 millioner på rv. 3*. Statens vegvesen. URL: <http://www.vegvesen.no/om+statens+vegvesen/presse/Pressemeldingsarkiv/Region+midt/S%C3%B8r-Tr%C3%BDndelag/rydder-sikten-for-8-millioner-p%C3%A5-rv.3> (sjekka 16.05.2016).
- Statens Vegvesen (2016). *Vegkart*. URL: [https://www.vegvesen.no/vegkart/vegkart/#kartlag:geodata/hva:\(~\)/hvor:\(\)/@600000,7225000,3](https://www.vegvesen.no/vegkart/vegkart/#kartlag:geodata/hva:(~)/hvor:()/@600000,7225000,3) (sjekka 21.05.2016).
- Tae Son, Y. (1999). «Queueing delay models for two-lane highway work zones». I: *Transportation Research Part B: Methodological* 33.7, s. 459–471. ISSN: 01912615. DOI: 10.1016/S0191-2615(98)00043-5. URL: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0191261598000435> (sjekka 23.11.2015).
- Walker, G. og Calvert, M. (2015). «Driver behaviour at roadworks». I: *Applied Ergonomics* 51, s. 18–29. ISSN: 0003-6870. DOI: 10.1016/j.apergo.2015.03.019.
- Weng, J. og Meng, Q. (2015). «Incorporating work zone configuration factors into speed-flow and capacity models». I: *Journal of Advanced Transportation* 49, s. 371–384. ISSN: 0197-6729. DOI: 10.1002/atr.1277.
- Weng, J., Meng, Q. og Fwa, T. F. (2014). «Vehicle headway distribution in work zones». I: *Transportmetrica A: Transport Science* 10.4, s. 285–303. ISSN: 2324-9935, 2324-9943. DOI: 10.1080/23249935.2012.762564. URL: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/23249935.2012.762564> (sjekka 21.04.2016).
- Yang, C., Remenyte-Prescott, R. og Andrews, J. (2014). «A network traffic flow model for motorway and urban highways». I: *The Journal of the Operational Research Society* 65.8, s. 1278–1291. ISSN: 0160-5682. DOI: 10.1057/jors.2013.86.
- Aakre, A. (2014). «Traffic signals - part 2: Fixed time controll». Forelesningsnotat. URL: <http://tinyurl.com/q7rlq8z>.

Vedlegg

Vedlegg 1 - Problemskildring

MASTEROPPGÅVE

(TBA4945 Transport, masteroppgåve)

VÅREN 2016
for
Øystein Gakkestad

Trafikkavvikling gjennom anleggsområder

BAKGRUNN

I Noreg er det eit stort etterslep på infrastruktur, samstundes som det er store løyvingar til nye vegprosjekt gjennom Norsk Transportplan. Dette betyr at det kjem til å bli mykje anleggsarbeid i tida framover. Auka mengde anleggsarbeid vil samstundes medføre større trafikale forseinkingar, samt meir press på å sikre ei god trafikkavvikling gjennom anleggsområda.

OPPGÅVE

Målet for denne masteroppgåva er korleis byggherre, prosjektørar og entreprenørar arbeider og planlegg for god trafikkavvikling gjennom anleggsområder. Den andre delen av artikkelen tek for seg å kartlegge korleis entreprenørar programmerar sine skyttelsignalanlegg, metningsgrad, metningsvolum, tømmeid, effektiv grøntid og omløpsti. Siste delen omhandlar utvikling av eit analyseverktøy som skal kunne analysere innsamla data, samt nyttast til programmering av skyttelsignalanlegg.

Deloppgåver og forskingspørsmål

- Korleis tek byggherre, konsulentar og entreprenørar omsyn til trafikkavvikling for eit prosjekt?
- Korleis går trafikken gjennom eit anlegg ved bruk av skyttelsignalanlegg.
 - Kva er metningsvolumet
 - Kva er tømmeid og metningsluke mellom køyretøya
 - Kva er effektiv grøntid
- Utvikle eit analyseverktøy som kan nyttast til å analysere data, samt nyttast av entreprenørar til å programmere eit skyttelsignalanlegg.

GENERELT

Oppgåveteksten er meint som ei ramme for kandidatens arbeid. Justeringar vil kunne skje undervegs, når ein ser korleis arbeidet går. Eventuelle justeringar må skje i samråd med faglærarar ved instituttet.

Ved vurderinga vert det lagt vekt på grundigheit i arbeidet og sjølvstendigheit i vurderingar og konklusjonar, samt at framstillinga er velredigert, klår, eintydig og ryddig utan å vere unødige voluminøs.

Det innleverte arbeidet skal innehalde:

- standard rapportframside (automatisk frå DAIM, <http://daim.idi.ntnu.no/>)
- tittelside med ekstrakt og stikkord (mal finn ein på sida <http://www.ntnu.no/bat/skjemabank>)
- samandrag på norsk og engelsk (studentar som skriv masteroppgåve på eit ikkje-skandinavisk språk og som ikkje handterer eit skandinavisk språk, treng ikkje skrive samandrag av masteroppgåva på norsk)
- hovudteksten
- oppgåveteksten (denne teksten signert av faglærar) som Vedlegg 1.

Besvarelsen kan evt. utformas som ein vitenskapelig artikkel for internasjonal publisering. Besvarelsen inneheld da de same punktane som beskrivi over, men der hovudteksten omfattar ein vitenskapelig artikkel og ein prosessrapport.

Instituttets råd og retningslinjer for rapportskriving ved prosjektarbeid og masteroppgåve oppheldar seg på <http://www.ntnu.no/bat/studier/oppgaver>

Kva skal innleverast?

Rutinar knytt til innlevering av masteroppgåva er nærare forklart på <http://daim.idi.ntnu.no/>. Trykking av masteroppgåva skal tingast via DAIM direkte til Skipnes Trykkeri som leverer den trykte oppgåva til instituttkontoret 2-4 dagar seinare. Instituttet betalar for 3 eksemplar, der instituttet skal ha 2 eksemplar. Ekstra eksemplar må kostast av kandidaten/ ekstern samarbeidspartnar.

Masteroppgåva vert ikkje rekna som ferdig innlevert før innleveringsskjemaet (frå DAIM) der både Ark-Bibl i Sentralbygg I og Fellestenester (Byggsikring) i Sentralbygg II har signert på skjemaet. Innleveringsskjema med dei aktuelle signaturane skal underskrivast av instituttkontoret før skjemaet vert levert til Fakultetskontoret.

Dokumentasjon som med instituttets støtte er samla inn under arbeidet med oppgåva, skal leverast inn saman med oppgåva.

Arbeidet er etter gjeldande reglement NTNU sin eigedom. Eventuell bruk av materialet kan berre skje etter godkjenning frå NTNU (og ekstern samarbeidspartnar der dette er aktuelt). Instituttet har rett til å bruke resultatane av arbeidet til undervisnings- og forskingsformål som om det var utført av ein tilsett. Ved bruk ut over dette, som utgjeving og annan økonomisk bruk, må det inngåast særskilt avtale mellom NTNU og kandidaten.

(Evt) Avtalar om ekstern rettleiing, gjennomføring utanfor NTNU, økonomisk stønad m.m. gjer ein greie for her når dette er aktuelt. Sjå <http://www.ntnu.no/bat/skjemabank> for avtaleskjema.

Helse, miljø og sikkerheit (HMS):

NTNU legg stor vekt på tryggleiken til den enkelte arbeidstakar og student. Tryggleiken til den enkelte skal kome i første rekke og ingen skal ta unødige sjansar for å få gjennomført arbeidet. Studenten skal derfor ved uttak av masteroppgåva få utdelt brosjyren "Helse, miljø og sikkerheit ved feltarbeid m.m. ved NTNU".

Dersom studenten i arbeidet med masteroppgåva skal delta i feltarbeid, tokt, synfaring, feltkurs eller ekskursjonar, skal studenten setje seg inn i "Retningslinje ved feltarbeid m.m." Dersom studenten i arbeidet med oppgåva skal delta i laboratorie- eller verkstadarbeid skal studenten setje seg inn i og følgje reglane i "Laboratorie- og verkstedhåndbok". Disse dokumenta finn ein på fakultetet sine HMS-sider på nettet, sjå <http://www.ntnu.no/ivt/adm/hms/>.

Studentar har ikkje full forsikringsdekning gjennom sitt forhold til NTNU. Dersom ein student ønskjer same forsikringsdekning som tilsette ved universitetet, vert det tilrådd at han/ho teiknar reiseforsikring og personskadeforsikring. Meir om forsikringsordningar for studentar finn ein under same lenke som ovanfor.

Oppstart og innleveringsfrist:

Oppstart og innleveringsfrist er i henhold til informasjon i DAIM.

Faglærer ved instituttet: Arvid Aakre

Institutt for bygg, anlegg og transport, NTNU

Dato: 10.01.2016, (evt revidert: 09.06.2016)

Underskrift



Faglærer

Vedlegg 2 - Intervjuguide byggherre

Intervjuguide – masteroppgåve – byggherre

I denne intervjuguiden er målet å få fram korleis byggherren ynskjer at trafikkavviklinga skal skje, og i kva grad dei tenker og planlegg for det, når arbeid vert lyst ut på anbod.

1:

I handbok N301 står det at arbeidsvarsling skal vere med på å «avvikle trafikken forbi arbeidsstaden med minst mogleg forseinking og ulempe for trafikantane». Korleis planlegg de med omsyn til trafikkavvikling når de legg ut eit arbeid på anbod? (Gjer dei seg opp tankar, planlegg dei, utarbeidar dei eigen arbeidsvarslingsplan)

2:

Ved drift- og vedlikehald står det i N301, s. 40 at skiltmyndigheita kan godkjenne ein generell plan. I kva grad vert dei trafikkale forholda vurdert når ein skal godkjenne ein slik generell plan?

3:

Jamfør s.35, pkt. 8 står det at byggherre/Statens vegvesen kan gjennomføre kontroller, revisjonar eller inspeksjonar av arbeidsvarslingsplaner og oppfølginga av desse. Er dette vanleg og korleis kontrollerer ein at trafikkavviklinga er tilfredstillande.

4:

I arbeidsvarslingsplanen skal det beskrivast om ein nyttar trafikkljos, men burde det ikkje òg vere naudsynt å beskrive kva type skyttelsignalanlegg ein skal nytte?

Tenker då på om signalanlegget er tidsstyrt, eller om det er trafikkstyrt der ein anten brukar trafikkstyring med endring av grøntid med fast tømmeid eller trafikkstyring med endring av både grøntid og tømmeid.

5:

Kva mein de er det beste systemet for trafikkstyring av tømmeida og grøntida?

6:

I arbeidsvarslingsplanar er det lagt inn kva fartsgrenskilt(362.x) som skal nyttast. Kan dette erstattast med eit variabelt fartsskilt og at ved anleggsdagens ende kan fartsgrensa aukast så

lenge vegforholda tilseier det? For eksempel. at etter kl.19 på kvardagar og heile sundagen så kan trafikken gå i 50 km/t i staden for 30 km/t.

7:

Ved godkjenning av generelle arbeidsvarslingsplanar, korleis kontrollerer de at entreprenøren oppnår god trafikkavvikling om planen ikkje er tilpassa dei lokale trafikkforholda?

8:

Kva krav set de til grøntid og tømmeid for eit tidsinstilt skyttelsignal?

9:

Kva krav set de til grøntid, tømmeid, maksimal og minimal grøntid for eit trafikkstyrt skyttelsignal?

10:

Kva set de/mein de burde vere gultid for eit skyttelsignalanlegg? (3 eller 4 sekund)

11:

Kunne ein app vore greitt til å «programmere» eit skyttelsignalanlegg?

Vedlegg 3 - Intervjuguide entreprenør

Intervjuguide entreprenør

1. Generelle omgrep:
 - a. Tømmetid – Tid frå stopplinje til stopplinje + 5 sek
 - b. Kapasitet – Kor mange bilar som kan «passer» innanfor eit tidsintervall(time)
2. I kva grad nyttar dykk generelle arbeidsvarslingsplanar?
3. Kor godt meiner du generelle arbeidsvarslingsplanar fungerer i forhold til ein spesifikk arbeidsvarslingsplan? Kva trafikkmengde legg dei til grunn for ein slik generell plan?(ÅDT?, Antek dei at radaren ordnar opp?) (Ynskjer særleg å få fram kommentarar angående trafikkavvikling. Tek ein generell plan like godt omsyn til trafikkavviklinga som ein generell plan?)
4. I kva tilfelle høver det betre med følgjebil enn skyttelsignalanlegg. Kva hastigheit skal ein ha då med tanke på «grøntid» for kvar retning? Kva fordelar ser du med ulemper kontra skyttelsignalanlegg.
5. Kva er den vanlegaste styringsmetoden for skyttelsignalanlegga de nyttar(tidsstyring, trafikkstyring, manuell styring)?

Innhentar de informasjon om ÅDT eller trafikkvolum (kjt/t) for å planlegge kva type styringsmetode de skal bruke for trafikkdirigering?

6. (Om dei nyttar tidsstyring) Korleis fastsettar de grøntida og omløpstida for anlegget? Har de fleire planar ut frå trafikkvolumvariasjonar i løpet av dagen?
Har dykk nytta N301 til tidssetting av signalet?
7. (Om dei nyttar trafikkstyring) Kva metode nyttar de hovudsakleg til å oppdage bilar? (Radar, video, induksjonsloop?)
8. Korleis programmerar de skyttelsignalanlegget? (Bruker dei avanserte innstillingar eller basic med fart og strekke?)
9. I kor stor grad endrar de fartsgrensa ettersom eit arbeid har stansa(for eksempel. om natta. Må sjølvsagt sjå ann forholda, rekkverk, osv.)
10. Om dykk endrar fartsgrensene, kunne variable fartsskilt vore eit alternativ?