

Regneoppgaver fra "Vegarbeid og effekt på trafikkavvikling"

Februar 2008 / Arvid Aakre

	A	B	C	sum	Timetraf
	kjt/t	kjt/t	kjt/t	kjt/t	kjt/t
Trafikk kryss	1000	800	600	2400	1200

Dette kan for eksempel utgjøre 10% av ÅDT 10 % **12000**

ÅDT Beregne trafikk ut fra ÅDT lik 10.000
Vegtype M5 Hovedveg

ÅDT	a	b	c	time	% av
	hele	fredag	uke 30	trafikk	ÅDT
10000	100	121	159	19239	192.4

ÅDT	a	b	c	døgn	% av
	15-16	fredag	uke 30	trafikk	ÅDT
10000	8	121	159	1539	15.4

ÅDT	a	b	c	døgn	% av
	16-17	fredag	uke 28	trafikk	ÅDT
10000	9.4	121	159	1808	18.1

ÅDT	a	b	c	døgn	% av
	15-17	fredag	uke 28	trafikk	ÅDT
10000	17.4	121	159	3348	33.5

ÅDT	a	b	c	døgn	% av
	hele	fredag	uke 30	trafikk	ÅDT
10000	100	121	159	19239	192.4

ÅDT Beregne døgntrafikk ut fra korttidstelling
Vegtype M3 Bygate

08-10	a	b	c	
	08-10	onsdag	uke 25	
2000	11	100	100	18182 døgntrafikk denne dagen

08-10	a	b	c	
	08-10	onsdag	uke 25	
2000	11	116	113	13871 ÅDT

Beregne trafikk i pbe

pbe	Tunge %	Tunge	Lette	
1000	10	100	900	
		2.5	1.0	
		250	900	1150 faktor pbe

Str.hast	B øker farten fra 40 til 80 når han er halvveis		reisetid timer
	strekn km	hast km/t	
A	120	60	2.00
B	60	40	1.50
	60	80	0.75
Totalt	120		2.25

Hvor fort måtte B ha kjørt for å komme fram samtidig?

B	60	40	1.50
	60	120	0.50
Totalt	120		2.00

Kjøre like lang tid i 40 og 80 (dvs 1 time med hver)

B	40	40	1.00
	80	80	1.00
Totalt	120		2.00

M, V og D Typiske verdier

Volum	M	kjt/t	1200
Hastighet	V	km/t	60
Tetthet	D	kjt/km	20

Husk at $M = V * D$

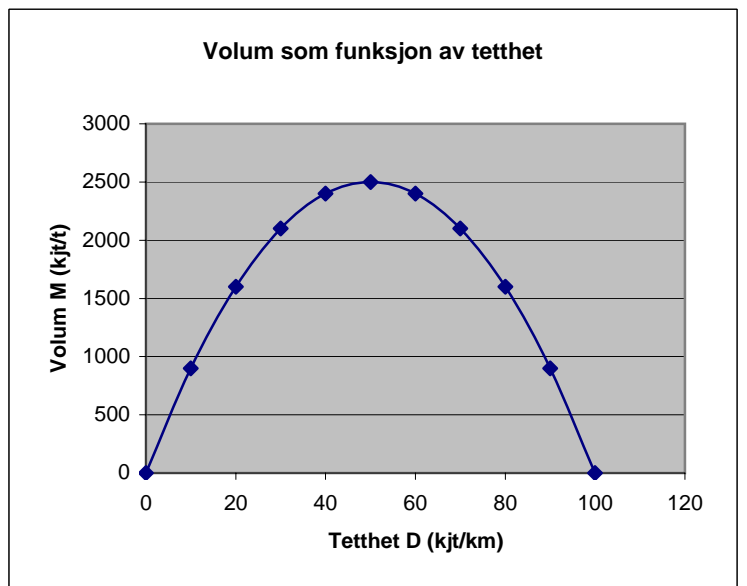
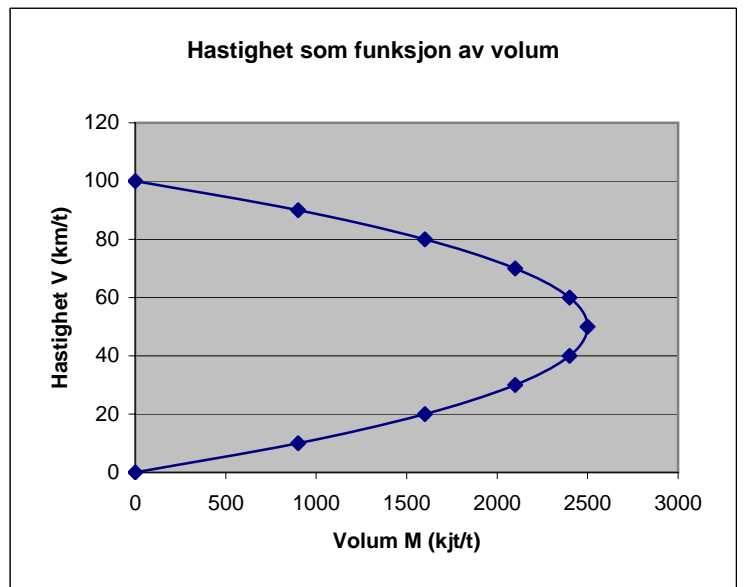
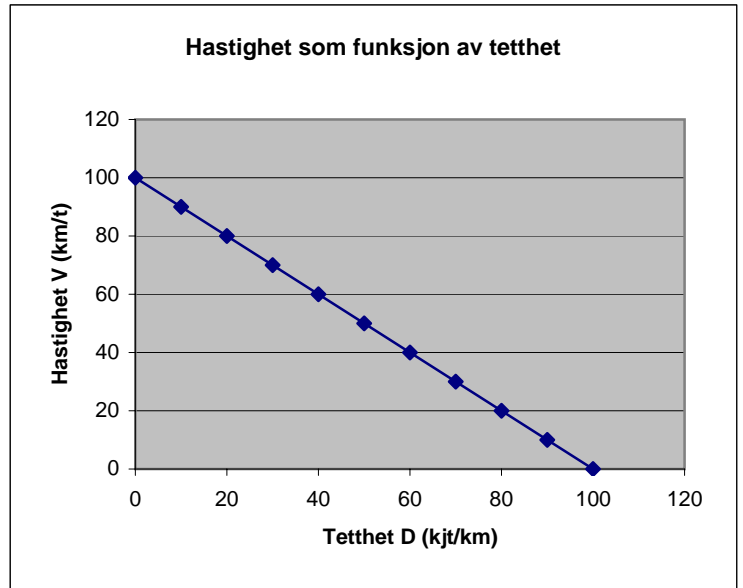
M, V og D Regneeksempel

Volum	M	kjt/t	1200
Hastighet	V	km/t	60
Lengde	L	km	10

1 Tetthet	D	M/V	20 kjt/km
2 Tidsluke	TL	3600/M	3 sek
3 Avstand	S	1000/D	50 meter
4 Tid	T	L/V	0.1667 timer
			10 minutter
			600 sekunder

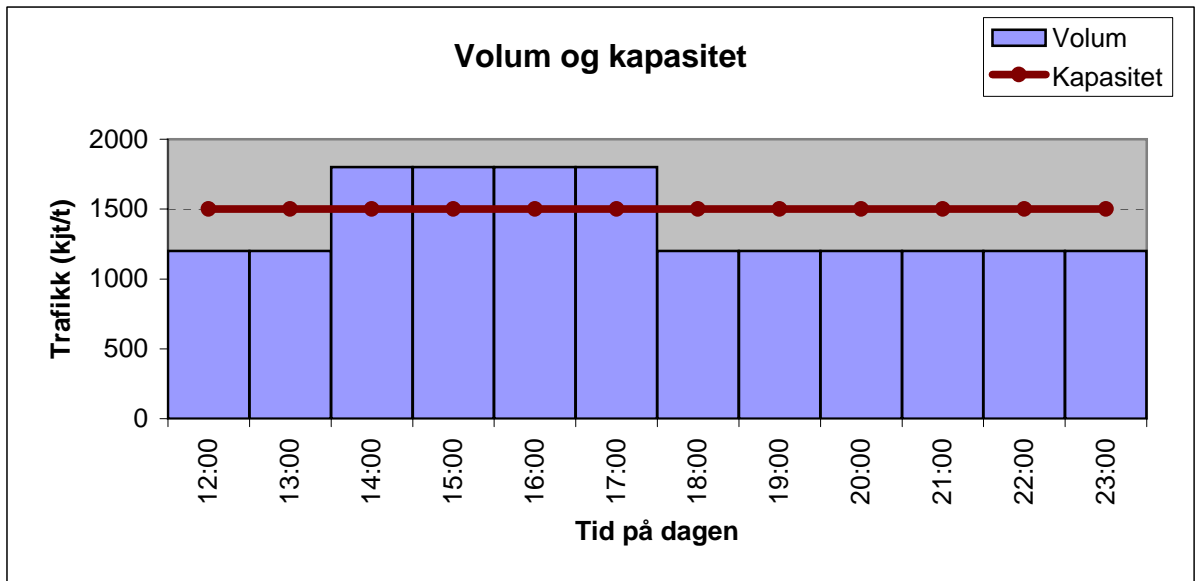
M, V og D

M_max	V_f	D_j
kjt/t	km/t	kjt/km
2500	100	100
M	V	D
kjt/t	km/t	kjt/km
0	100	0
900	90	10
1600	80	20
2100	70	30
2400	60	40
2500	50	50
2400	40	60
2100	30	70
1600	20	80
900	10	90
0	0	100



Forsinkelse / flaskehals

Tidspunkt tt:mm	Volum kjt/t	Kapasitet kjt/t
12:00	1200	1500
13:00	1200	1500
14:00	1800	1500
15:00	1800	1500
16:00	1800	1500
17:00	1800	1500
18:00	1200	1500
19:00	1200	1500
20:00	1200	1500
21:00	1200	1500
22:00	1200	1500
23:00	1200	1500



NB! Denne framstillingen er sterkt forenklet

Oppbygging av kø er først og fremst knyttet til at volum er større enn kapasitet
Da vil det bygge seg opp en kø (bakover fra der to felt går til ett)

Fram til kl 14 er volum mindre enn kapasitet, dvs ingen oppbygging av kø

Mellom 14 og 18 er volumet større enn kapasiteten og det vil bli samlet opp kø:

Fra	Til	time	volum kjt/t	kapasitet kjt/t	overbel kjt/t	kø kjt
14	18	4	1800	1500	300	1200

Som vi ser så er det samlet opp en total kø på 1200 kjt kl 18

Dersom vi regner ca 10 meter pr kjt, så vil denne køen bli 12 km lang

Fordelt på to kjørefelt vil altså køen stå 6 km bakover når klokka er 18

Fra kl 18 vil denne køen gradvis bli avviklet

Fra	Til	time	volum kjt/t	kapasitet kjt/t	overbel kjt/t	kø kjt
18	22	4	1200	1500	-300	-1200

Køen vil avvikles med 300 kjt/t (forskjellen mellom volum på 1200 kjt/t og kapasitet 1500 kjt/t)

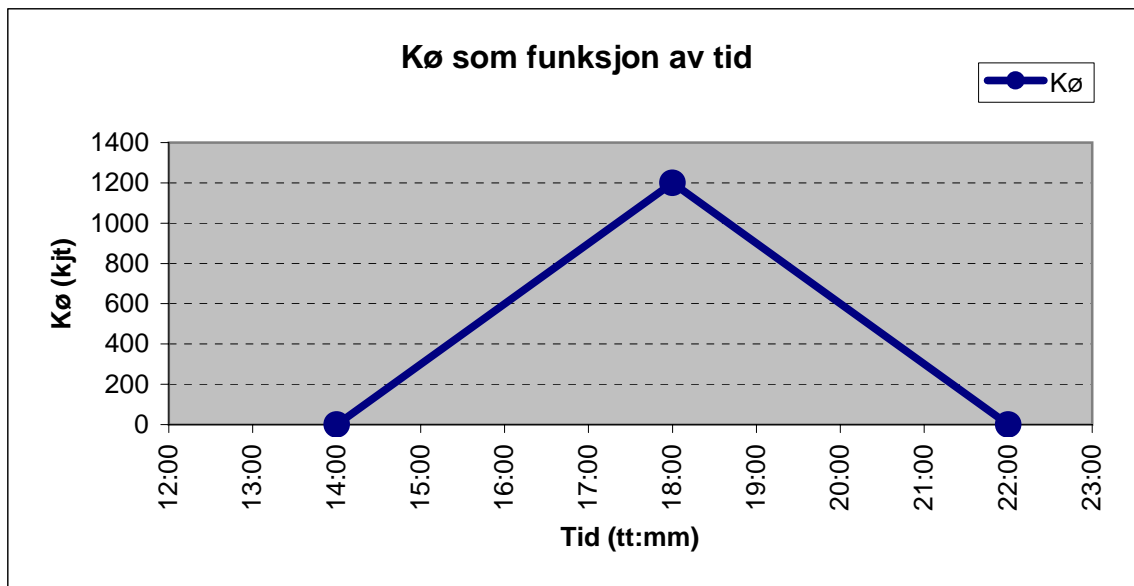
Køen er altså ferdig avviklet kl 22

Oppbygging med 300 kjt/t i 4 timer (14-18)

Nedbygging med 300 kjt/t i 4 timer (18-22)

Her ser vi hvordan køen bygger seg opp og ned igjen

Kl	Kø
14:00	0
18:00	1200
22:00	0



Litt forenklet kan vi si at gjennomsnittlig forsinkelse for disse 1200 kjt er

Køen bygde seg opp mellom 14 og 18, dvs i gjennomsnitt kl 16

Køen bygde seg ned mellom 18 og 22, dvs i gjennomsnitt kl 20

I gjennomsnitt stod de i kø i fra 16:00 til 20:00 altså 4 timer

Alternativt kunne vi også forenklet si at

Start oppbygging kl 14:00

Slutt nedbygging kl 22:00

Dette er en periode på 8 timer, dvs at i gjennomsnitt står de 4 timer i kø

Total forsinkelse kan litt mer nøyaktig finnes som

Arealet under grafen som viser kø over tid $Q(t)$

(Mer matematisk: Total forsinkelse = integralet av $Q(t)dt$)

Arealet vil her være arealet av en trekant

0.5 8 1200 **4800 timer**

Dette er total forsinkelse for alle biler mellom kl 14 og 22

Trafikken i denne perioden er

14:00	18:00	1800	4	7200 kjt
18:00	22:00	1200	4	4800 kjt
				12000 kjt

12000 biler står altså til sammen 4800 timer i kø

	timer	trafikk	timer/kjt	min/kjt
Gjennomsnittlig forsinkelse blir	4800	12000	0.40	24

Hver bil står altså i gjennomsnitt 24 minutter i kø

Antar gjennomsnittlig timekostnad 200 kr/t
Total kostnad blir da 960000 kr

ca en million kr

Regneoppgaver fra presentasjon "Midlertidig signalregulering ved vegarbeid"

Februar 2008 / Arvid Aakre

Vurdering av nødvendig grøntidsandel

Trafikk i retning 1	M1	600 kjt/t
Trafikk i retning 2	M2	300 kjt/t
Metningsvolum	S	1500 kjt/t

Tapt tid

Tømmingstid retning 1	17
Gultid retning 1	3
Tømmingstid retning 2	17
Gultid retning 2	3
Total tapt tid pr omløp	40

Omløpstida kan uttrykkes som

$$c = g_1 + g_2 + 40$$

100 % Vurderer først en situasjon med $M/K = 100\%$ dvs $K = M$

	volum M kjt/t	utnyttelse M/K	kapasitet K kjt/t	metn.vol s kjt/t	grøntidsandel g/c
Retning 1	600	100 %	600	1500	0.40 40% grønt i retning 1
Retning 2	300	100 %	300	1500	0.20 20% grønt i retning 2
Tapt tid					0.40 40% tapt tid 40 sek
Tapt tid er 40 sekunder, dvs at omløpstida er					100 sek

Kontroll:	volum M kjt/t	metn.vol s kjt/t	gr.t.andel g/c	kapasitet K kjt/t	utnyttelse M/K	omløpstid c sek	grønntid g sek
Retning 1	600	1500	0.4	600	100.00 %	100	40
Retning 2	300	1500	0.2	300	100.00 %	100	20

80 % Vurderer så en situasjon med $M/K = 80\%$ dvs $K = M / 0.8$

	volum M kjt/t	utnyttelse M/K	kapasitet K kjt/t	metn.vol s kjt/t	grøntidsandel g/c
Retning 1	600	80 %	750	1500	0.50 50% grønt i retning 1
Retning 2	300	80 %	375	1500	0.25 25% grønt i retning 2
Tapt tid					0.25 25% tapt tid 40 sek
Tapt tid er 40 sekunder, dvs at omløpstida er					160 sek

Kontroll:	volum M kjt/t	metn.vol s kjt/t	gr.t.andel g/c	kapasitet K kjt/t	utnyttelse M/K	omløpstid c sek	grønntid g sek
Retning 1	600	1500	0.5	750	80.00 %	160	80
Retning 2	300	1500	0.25	375	80.00 %	160	40

Regneoppgaver fra presentasjon "Trafikk og fysikk"

Februar 2008 / Arvid Aakre

Oppg 1.1 Fart fra 10 til 20 m/s i løpet av 5 sekunder

Hastighet fra	v1	10 m/s
Hastighet til	v2	20 m/s
Hastighetsendring	v2-v1	10 m/s
Tid	t	5 sek
Akselerasjon	a	2.0 m/sek ²

Oppg 1.2 Brems fra 25 m/s med retardasjon 5 m/s²

Hastighet	v	25 m/s
Retardasjon	r	5 m/s ²
Bremselengde	bl	62.5 meter
Bremsetid	bt	5.0 sek

Oppg 1.3 Brems med r = 8 m/s²

Hastighet fra	v1	20 m/s
Hastighet til	v2	10 m/s
Retardasjon	r	8 m/s ²
Avstand		18.75 meter
Hastighet fra	v1	10 m/s
Hastighet til	v2	0 m/s
Retardasjon	r	8 m/s ²
Avstand		6.25 meter

Bremse fra 20 til 10 krever 3 ganger så lang bremsestrekning som fra 10 til 0

Oppg 2.1 HB051 sier at stoppsikt er 50 meter ved 50 km/t. Hva er forutsetningene?

Stopsikt		50 meter
Hastighet	v	50 km/t
	v	13.9 m/s
Reaksjonstid	rt	2.0 sek
Reaksjonslengde	rl	27.8 meter
Bremselengde	bl	22.2 meter
Effektiv retardasjon	r	4.3
dvs friksjon		0.43 ved full oppbremsing

Oppg 2.2 Tabellen sier også 1.5* stoppsikt lik 270 meter ved 100 km/t

1.5 * stoppsikt		270 meter
Stopsikt		180 meter
Hastighet	v	100 km/t
	v	27.8 m/s
Reaksjonstid	rt	2.0 sek
Reaksjonslengde	rl	55.6 meter
Bremselengde	bl	124.4 meter
Effektiv retardasjon	r	3.1
dvs friksjon		0.31 ved full oppbremsing

Det er altså lagt inn en lavere friksjon ved høyere hastighet

Oppg 2.3 Bremselengde ved 90 km/t (25 m/s) og godt sommerføre (r=8 m/s²)

Hastighet	v	25 m/s
Retardasjon	r	8 m/s ²
Bremselengde	bl	39.1 meter

Hvor fort kan en kjøre med samme bremselengde og dårlig vinterføre (r=2 m/s²)

Bremselengde	bl	39.1 meter
Retardasjon	r	2 m/s ²
Hastighet	v	12.5 m/s
		45 km/t

Retardasjonen er en fjerdedel, dvs at hastigheten må halveres for samme bremselengde

Oppg 2.4 Hvor fort kan du kjøre i en kurve med radius 150 meter på snøføre (my=0.40)?

Tyngdeakselerasjon	g	10 m/s ²
Sidefriksjon	my	0.4
Overhøyde	e	0
Radius		150
Teoretisk fart ved skrens		24.5 m/s
		88.2 km/t

Oppg 3.1 Personbil 1.000 kg og vogntog 40 tonn (40.000 kg):

Bevegelsesenergi for personbil med fart 20 m/s

Masse	m	1000 kg		
Hastighet	v	20 m/s		72 km/t
Bevegelsesenergi	E	200000 J	Joule	Nm
		200		

Hvilken hastighet tilsvarer denne energien for lastebilen?

Bevegelsesenergi	E	200000 J		
Masse	m	40000		
Hastighet	v	3.2 m/s		
		11.4		km/t

Personbil med 72 km/t og vogntog med 11.4 km/t har samme bevegelsesenergi

Oppg 3.2 Bevegelsesenergi for vogntog med fart 20 m/s

Masse	m	40000 kg		
Hastighet	v	20 m/s		72 km/t
Bevegelsesenergi	E	8000000 J	Joule	Nm
		8000		

Hvilken hastighet tilsvarer denne energien for personbilen?

Bevegelsesenergi	E	8000000 J		
Masse	m	1000		
Hastighet	v	126.5 m/s		
		455.4		km/t

Vogntog med 72 km/t og personbil med 455 km/t har samme bevegelsesenergi

Oppg 4.1				rt	
Vogntog	20 m/s		4 m/s ²		2 sek
Personbil	20 m/s		8 m/s ²		

Personbil

Hastighet	v	20 m/s		
Retardasjon	r	8 m/s ²		
Bremselengde	bl	25		meter

Lastebilen lå 40 meter bak personbilen da denne begynte å bremse
Lastebilen må altså stoppe på 40 + 25 = 65 meter

Hastighet	v	20 m/s		
Retardasjon	r	4 m/s ²		
Reaksjonstid	rt	1 sek		
Reaksjonslengde	rl	20 meter		
Bremselengde	bl	50 meter		
Stoppelengde	sl	70		meter

Lastebilen stopper altså 5 meter seinere enn bakenden av personbilen
Det vil si at personbilen blir knust

Hvilken hastighet har lastebilen i det personbilen stanser?
(dvs hastiget ved bremselengde 45 meter)

Bremselengde	bl	45 meter	
Retardasjon	r	4 m/s ²	
Utgangshastighet	v1	20 m/s	
Slutthastighet	v2	6.3 m/s	22.8 km/t

Lastebilen har 22.8 km/t når den kjører på personbilen bakfra

Den har da en bevegelsesenergi på:

Masse	m	40000 kg	
Hastighet	v	6.3 m/s	22.7684 km/t
Bevegelsesenergi	E	800000 J	Joule Nm
		800 kJ	

Bevegelsesenergi	E	800000 J	
Masse	m	1000	
Hastighet	v	40.0 m/s	
		144.0 km/t	

som tilsvarer 144 km/t for en personbil som kjører på deg bakfra

Oppg 4.2 Støtpute med deformasjonsveg på 4 meter
Antar dette tilsvarer en oppbremsing fra 20 m/s til null
for en personbil med masse 1500 kg

Masse	m	1500 kg	
Hastighet	v	20 m/s	
Deformasjonsveg	s	4 meter	
Retardasjon	r	50 m/s ²	som tilsvarer 5g
Kollisjonstid		0.4 sekunder	

Energiopptak	E	300000 J	300 kJ
--------------	---	----------	---------------

Oppg 4.3 Hvor mye vil dette energiopptaket bremse en lastebil på 30 tonn?

Masse	m	30000 kg	
Hastighet	v1	20 m/s	72.0 km/t
Bevegelsesenergi	E	6000000 J	6000 kJ

Støtpute		300000 J	
Gjenværende bev.energi		5700000 J	

Tilsvarende hastighet	v2	19.5 m/s	70.2 km/t
-----------------------	----	----------	------------------

En støtpute som bremser en 1500 kg personbil fra 72 km/t til 0
vil bremse et 30 tonn vogntog fra 72 km/t til 70.2 km/t