

Tommy Skjærbekk og Fredrik Robertsson

Analyse av fart i store horisontalkurvaturer

Hovedoppgave i Erfaringsbasert master i veg og jernbane
Veileder: Kelly Pitera

Oktober 2019

Tommy Skjærbekk og Fredrik Robertsson

Analyse av fart i store horisontalkurvaturer

Hovedoppgave i Erfaringsbasert master i veg og jernbane
Veileder: Kelly Pitera
Oktober 2019

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt for bygg- og miljøteknikk

Forord

Denne masteroppgaven er utarbeidet våren/sommeren 2019 og er et avslutningsarbeid i erfaringsbasert master i veg ved NTNU Trondheim. Dette innebærer at vi i tillegg til studenter er 100% ansatte hos Statens vegvesen og jobber med forvaltningsoppgaver innen vegutbygging. Denne oppgaven er skrevet av 2 stk og arbeidsbelastning skal tilsvare 2x30 studiepoeng. Dette masterprogrammet er utviklet i samarbeid med Statens vegvesen, BaneNord og NTNU for å øke kunnskapen innenfor samferdsel. Temaet i denne oppgaven er et ønske fra Statens vegvesen om å skaffe norsk kunnskap på hvordan farten utvikler seg ved bruk av store horisontalkurvaturer på nasjonale hovedveger. Før å få til dette var vi helt avhengige av å få inn hastighetsdata og vi vil derfor rette en stor takk til Trafikkdata i Statens vegvesen som har vært veldig behjelpelige med dette.

Forhåpning vis kan resultatet fra denne masteroppgaven være til hjelp ved videre utvikling av håndbok N100 og bidra til norsk trafikksikkerhetsarbeid i fremtiden. Ved å skrive denne oppgaven har vi fått økt kunnskap om hastigheter, linjeføringsparameter i vegbygging, lineære modeller og hvordan skrive vitenskapelig.

Vi vil med dette rette en stor takk til vår hovedveileder ved NTNU Kelly Pitera for gode og konstruktive råd med tilbakemeldinger underveis i skrivearbeidet. Vi vil også takke vår interne veileder i Statens vegvesen Arek Zielinkiewicz for meget gode råd og veiledning underveis i oppgaven. Til slutt vil vi takke Statens vegvesen som har gitt oss mulighet med tilretteleggelse av studiene.

Hamar, September, 2019



Tommy Skjærbekk



Fredrik Robertsson

Sammendrag

Temaet i denne masteroppgaven er et ønske fra Statens vegvesen for å øke norsk kunnskap på valg av fart i store horisontalkurvaturer. Bakgrunnen for dette er at det er åpnet gjennom Statens vegvesen sine normaler å øke mange av linjeføringsparameterne fra minste/ makskrav ved nasjonale hovedveger (*Håndbok N100*). Dette innebærer planlegging med horisontalkurveradier på flere tusen meter. Hovedstudien i denne oppgaven er å undersøke om farten øker ved bruk av store horisontalkurvaturer istedenfor å legge seg tett opp til minimums verdier selv om fartsgrensen er den samme. Det eneste kravet som begrenser bruk av store horisontalkurveradier er kravet til nabokurve. Studien innehar horisontalkurveradier mellom R_h 300 og R_h 3000, plassert utenfor tettbyggede strøk med fartsgrense ≥ 80 km/t. Studien har bestått av å samle inn hastighetsdata gjennom Trafikkdata i Statens vegvesen fra målestasjoner som er plassert rundt omkring i Norge. Majoriteten av fartsdataene er fra nasjonale hovedveger hentet fra nivå 1 målere med kontinuerlig registrering. For å analysere dataene har det blitt utarbeidet en database som blant annet inneholder, ÅDT, trafikkulykker, kurvevinkel og 6 forskjellige hastighetsparametere. Analysen ble utført med Spearman Rank og lineære modeller, hvor oppgaven var å identifisere modellene som beskriver korrelasjon mellom horisontalkurvatur og fart. Ved analyse på hver enkelt fartsgrense mellom 80 og 110 er det lav korrelasjon eller ingen korrelasjon. Ved å samle alle dataene i en analyse får vi resultater ved Spearman rank som gjør det mulig å bygge lineære modeller. Trafikkdata i Statens vegvesen hvor dataene er hentet fra, har plukket ut 2 tilfeldige døgn mellom mai og september 2018, i et forsøk på å få dataene så tilfeldige som mulig. Vi ser med fordel at korrelasjonene blir noe bedre ved analyse av flere data og det bør derfor vurderes å analysere på flere data i eventuell videre forskning. Ved å bruke resultatene fra de lineære modellerene i formelen $Z=ax + by + c$, hvor x , y og c er modulerte, vil dette gi en statistisk forventet hastighet gjennom en valgt kurvatur (a) med valgt ÅDT (b). Eller det kan beregnes ved (ax) hvor mye hastigheten eksempelvis øker pr 1000 meter kurvatur, eller hvor mye hastigheten øker ved en stigning i ÅDT gjennom leddet (by).

Summary

The theme of this master thesis is a desire from Statens vegvesen to increase Norwegian knowledge on the choice of speed in large horizontal curvatures. The background for this is, that it is opened through Statens Vegvesen`s normals to increase many of the line guiding parametres from the minimum-/maksimum requirements of the national mainroads (*Håndbok N100, Statens vegvesen*). This involves planning with horizontal curvatures of several thousand meters. The main study in this master is to investigate whether the speed increases with the use of large horizontal curvatures rather than laying up close to minimum values even if the speed limit is the same. The only requirement that restricts the use of large sized horizontal curvatures is the requirement to the neighboring curve. The study holds large horizontal curvatures between Rh 300 and Rh 3000, located outside urban areas and with a speed limit ≥ 80 km/h. The study has consisted of collecting speed data through Trafikkdata in Statens Vegvesen from measurement stations located inn Norway. The majority of the speed data are from Norwegian state road system sourced from level 1 measurement stations with continuous registration. In order to analyze the data, we have developed a database that includes, ÅDT (Average Daily Traffic), traffic accidents, curve angle and six different speed parameters. The analysis was conducted with Spearman Rank and linear models, in which the task was to identify the models describing the correlation between horizontal curvature and speed. When analyzing on every single speed limit between 80 - 110 km/t, there is a low correlation or no correlation. By gathering all the data in an analysis we get results by Spearman Rank that allows us to build linear models. Trafikkdata (Statens vegvesen) where the data is sourced, have picked out two random days between May and September in 2018, in an attempt to get the data as random as possible. We see with the advantage that correlation is somewhat better when analyzing more data and should therefore be considered analyzing on more data in any further research. By using the results of the linear modeling in the formula $Z = ax + by + c$, where x, y, and c are modulated, this will yield a statistically expected rate through a selected curvature (a) with the selected ÅDT (b). Or it can be calculated by (ax) how much speed rate increases per 1000 meters of curvature, or how much speed increases by a higher number of ÅDT through the by in the formula.

Innholdsfortegnelse

Forord.....	I
Sammendrag	III
Summary	V
Figurliste	IX
Definisjoner/begrepsforklaringer	X
1. Innledning.....	1
1.1 Bakgrunn	1
1.2 Håndbok N100 og V120.....	4
1.3 Veiklasser	4
1.4 Problemstilling	4
2. Teori	6
2.1 Horisontalkurvatur	6
2.2 Minste horisontalkurveradius	7
2.3 Nabokurver.....	8
2.4 Kurvevinkel.....	9
2.5 Fartsmålemetoder.....	9
3. Metode.....	13
3.1 Valg av målemetode	13
3.2 Innsamling av data til database	14
3.2 Utarbeidelse av database.....	15
3.3 Valg av metode for analysering av data	17
3.4 Lineære modeller	17
3.5 Styrke og svakheter	20
4 Resultat.....	21
4.1 Presentasjon av resultater	21
4.2 Presentasjon av V85	21
4.3 Gjennomsnittshastighet for de 5 høyeste V85	24
4.4 Presentasjon av V95	25
4.5 Gjennomsnittshastighet for de 5 høyeste V95	26
4.6 Presentasjon av gjennomsnittshastighet	27
4.7 Presentasjon av 5 høyeste gjennomsnittshastighet	27
4.8 Presentasjon av andre parametere beregnet med alle data	27
4.9 Resultat av enkelt hastigheter	30

5	Drøfting	34
5.1.	Diskusjon rundt resultatet	34
5.2.	Våre resultater opp mot tidligere forskning	37
6	Konklusjon	39
6.1.	Konklusjon	39
6.2	Videre forskning	40
	Referanser	42
	Vedlegg	44
	Vedlegg 1: Database.....	45
	Vedlegg 2 Forslag til problemstilling for Masteroppgaven	46
	Vedlegg 3: Teori om lineære modeller	50

Figurliste

Figur 1 HV V120 Sammenheng over grunnparametere som inngår i formelgrunnlaget.....	1
Figur 2 Fartsprofiltillegg med horisontalkurveradius (HB V120, 2019).....	2
Figur 3 Veidimensjoneringsklasser	4
Figur 4 Eksempel på sammensetning av horisontalkurvaturen (HB V120)	6
Figur 5 Hvordan kreftene virker på et kjøretøy i en kurve (HB V120).....	7
Figur 6 Dimensjoneringsstabell for U-Hø2 Øvrige hovedveger (HB N100)	8
Figur 7 Kurvevinkel (Wolf og Ghilani, 2006)	9
Figur 8 Oversikt over registreringspunkt (HB V714)	10
Figur 9 Registreringspunkt, (V714,2011)..	Figur 10 Registreringslinje, (V714 ,2011)11
Figur 11 Et typisk skap med utstyr for registrering nivå 1 (V714 ,2011).....	11
Figur 12 Plassering av registreringspunkt for 4-felts veg, (V714 ,2011).....	12
Figur 13 Kravliste for innhenting av data	14
Figur 14 Rådata fra Trafikkdata for ett tellepunkt.....	15
Figur 15 NVDB Deler større horisontalkurvatur i mindre kurver og rettlinjer.....	16
Figur 16 Utdrag fra database	16
Figur 17 Spearman Rank resultat	18
Figur 18 Illustrasjon mellom uavhengige og avhengige variabler.....	18
Figur 19 Resultatet av lineær modell.....	19
Figur 20 R kvadrat	20
Figur 21 Modulerte resultater V85 for alle hastigheter	22
Figur 22 Alle data for V85 og horisontalkurvatur	23
Figur 23 3D plott av V85, Rh og ÅDT.....	24
Figur 24	25
Figur 25	25
Figur 26 Modulerte resultater av V95 alle hastigheter.....	26
Figur 27 Grafisk modell av V95 alle hastigheter.....	26
Figur 28	27
Figur 29	27
Figur 30 viser korrelasjon mellom de forskjellige parameterne	29
Figur 31	30
Figur 32	31
Figur 33	31
Figur 34	32
Figur 35	33
Figur 36 R kvadrat verdier for alle data.....	34
Figur 37 Utregnede fartsprofiltillegg.....	36
Figur 38	37
Figur 39 Forskjellige veibreder etter ÅDT og hastighet (fra HB N100, 2019).....	39
Figur 40 Romkurvatur V120, 2019	41

Definisjoner/begrepsforklaringer

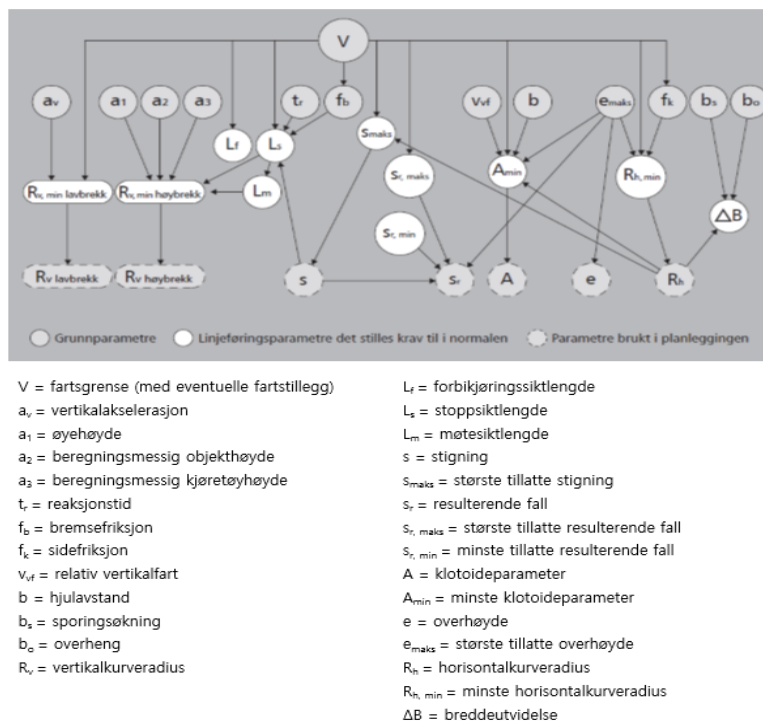
Forkortelse/begrep	Forklaring
SVV	Statens vegvesen
TØI	Transportøkonomisk institutt
TS	Trafikksikkerhet
NVDB	Norsk Veidatabank
GLM	Generelle Lineære Modeller
V85	85% fraktilene

1. Innledning

I dette kapitlet er det kort beskrevet om veiens linjeføring og parameterne som inngår i prosjekteringen og hvordan fartsprofiltillegget forholder seg til horisontalkurvaturen. Tidligere forskning på valg av hastighet i horisontalkurvatur og hvordan dette kan påvirke trafikksikkerheten. Siste delen av kapitlet sier kort om problemstillingen for oppgaven.

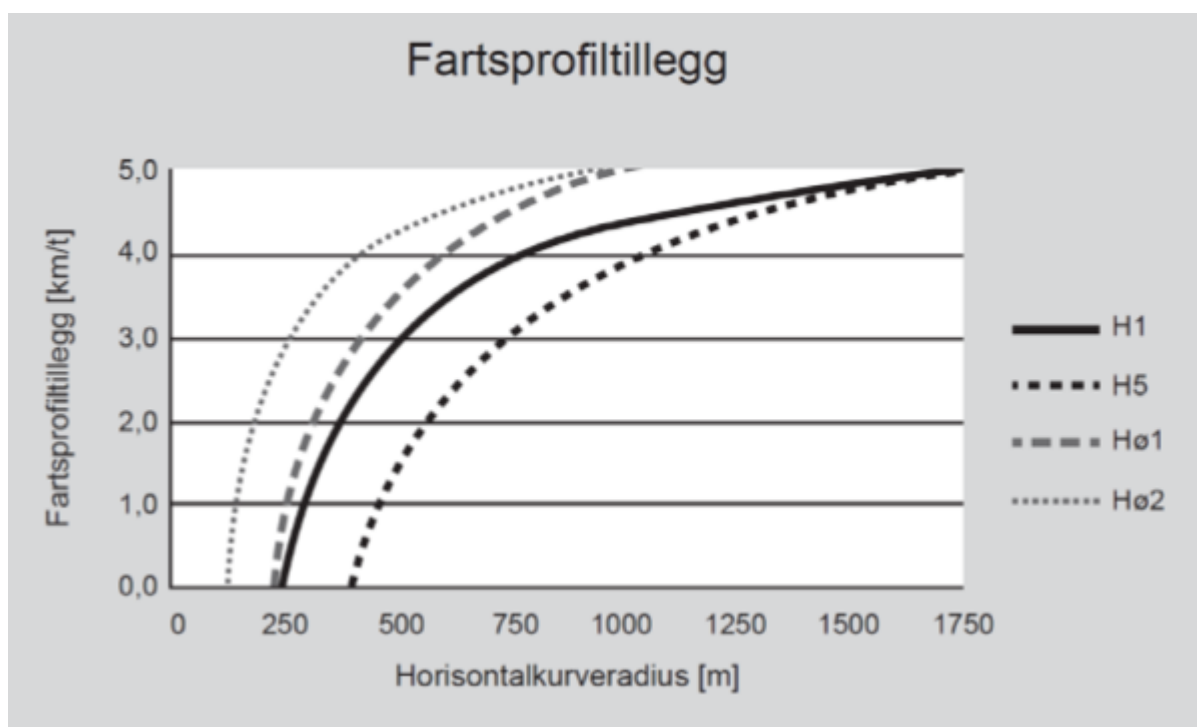
1.1 Bakgrunn

Den ideelle linjeføringen i veienrom oppnås når kurvepunktene for horisontalkurvatur og vertikalkurvatur faller sammen. Dette gir en god optisk føring sammen med tverrprofilen og ivaretar trafikksikkerheten og funksjonaliteten av veien. Det beskrives i håndbok V120 at det er ønskelig med slake kurvaturer for å oppnå en godt fremkommelig og trafikksikker vei (V120, 2019). Viktigheten i dette er at trafikantene skal få et godt perspektiv over veiens linjeføring og unngå at vegen oppfattes stykkevis. Ved prosjektering og valg av veiklasse er det fartsgrense og ÅDT som er de viktigste grunnparameterne. Linjeføringsparameterne er regnet ut ifra en rekke fysiske parametere. Figur 1 fra håndbok V120, (2019) viser hvordan disse henger sammen. Det kan tydelig sees fra figur 1 at det er farten som er den viktigste parameteren som inngår i formelgrunnlaget for beregning av veigeometriske verdier. Parameterne baserer seg på V85 som betyr at de skal dekke inn for 85 % av alle tilfeller.



Figur 1 HV V120 Sammenheng over grunnparametere som inngår i formelgrunnlaget

Veigeometrien utformes og dimensjoneres i mange tilfeller høyere enn fartsgrensen som en sikkerhetsmargin ved tilleggelse av fartstillegg og/eller fartsprofiltillegg. Fartstillegget tillegges etter en risikovurdering mellom risikoen for en ulykke og sannsynligheten for konsekvens. Tillegget er ulike fra de forskjellige dimensjoneringsklassene og ligger enten på 0, 5 eller 10 km/t. Fartsprofiltillegget hører til horisontalkurvaturen og blir tillagt for å kompensere for antagelsen om at trafikanter henter ut mer fart ved økende horisontalkurvatur. Fartsprofiltillegget er forskjellige etter dimensjoneringsklasse og fordeler seg etter økende horisontalkurvatur (figur 2).



Figur 2 Fartsprofiltillegg med horisontalkurve radius (HB V120, 2019)

I nye håndbok N100 (2019) har antall dimensjoneringsklasser blitt redusert og det er lagt til grunn for nytt beregningsgrunnlag for noen av linjeføringsparameterne, som et resultat av omfattende friksjon og hastighetsmålinger, tilrettelegging av modulvogntog og fartsgrense 110 km/t. Eksempelvis har dimensjoneringsklasse H3 (tidligere H9) fått en økning i fartsgrensen fra 100 km/t til 110 km/t hvor dette har ført til at minste horisontalkurvatur økt fra 700 til 800 meter, med økning i minste klottoide paramenter fra 245 til 260 meter som følge av en rettere linjeføring.

I ett notat fra SINTEF (*Linjeføringens betydning for fartsvalg*, 2009) beskrives det at på mange nybygde vegstrekninger utenfor tettbygde strøk, ligger ofte gjennomsnittsfarten nær fartsgrensen, noe som kan indikere i høy fart selv om noen få ekstrem verdier vil påvirke

resultatet. Videre beskriver en studie at kurvatur har en klar effekt på førerens fartsbruk. Skarpe kurvaturer får føreren til å senke farten og viser at føreren blir påvirket fysiologisk av skarp kurvatur og det ble registrert at føreren fikk høyere hjerterate. Føreren blunket oftere i skarp kurvatur og fikk variert hudkonduktans. I denne studien kan det tyde på at skarp kurvatur skjerper/øker førerens konsentrasjon og belastning (*P Richter, T Wagner, R Heger, G Weise - Ergonomics, Taylor & Francis, 1998*). Ser man til veger med vesentlig høyere horisontalkurveradier enn minimum kan det tenkes at store radier kreve betydelig mindre fokus og konsentrasjon. I en rapport (*Statens Vegvesen, 2012*) beskrives forholdet mellom gjennomsnittsfart og risiko for personskadeulykke, og risiko for å bli drept på følgende måte. «5 % økning av gjennomsnittsfarten gir en økning for personskadeulykke og bli drept med 10-25 %». I henhold til fakta fra samme ovennevnte rapport er det ikke kun ekstrem fartsoverskridelse som bidrar til dødsulykkene. Fart er en av de største årsakene til ca 50 % av dødsulykkene og i den samme rapporten beskrives det at i en tredjedel av ulykkene har farten «kun» vært noen få km/t over fartsgrensen. Ser man til dette kunne Norge hatt 140 færre drept/hardt skadde personer dersom de forholdt seg til fartsgrensen.

På hjemmesiden til Trygg Trafikk står det beskrevet om hva menneskekroppen tåler. Det blir nevnt at sannsynligheten for å overleve en bråstopp reduseres markant da den aktuelle hastigheten ved bråstoppet er over 70 km/t. Årsaken til dette er at indre organer risikerer å løsne pga av bevegelsesenergien som oppstår (*Trygg Trafikk, 2019*).

Det finns en rekke ulike faktorer som påvirker mennesket adferd i trafikken. Hver gang vi setter oss bak rattet må vi foreta mange valg. Valgene vi foretar oss har utgangspunkt fra indre og ytre faktorer. Eksempel på ytre faktorer er skiltet hastighet, trafikkmengde, vær, sideterreng osv. mens indre faktorer kan være aktuelt humør, stress osv.

Risikoen av høy fart påvirker trafikantene på flere måter (*Elvik, 2012*). Kinetisk energi eller med andre ord bevegelse-energi er en av kreftene som gir store konsekvenser ved en kollisjon. Kjøretøyets bevegelsesenergi påvirker menneskekroppen først ved en kollisjon da bevegelsesenergien i kjøretøyet overføres gjennom karosseriet til personene som befinner seg i kjøretøyet. I Vägtrafikens hastigheter (*VTI, 2012*) er det gjort en studie som blant annet tar opp «Samband mellom hastigheter og skador» og «Tilstånds bild utifrån mätningar». Rapporten beskriver sammenhengen mellom faren ved høy fart og økt risiko for at det skjer en ulykke og at konsekvensene av ulykken blir alvorligere enn hva den ville blitt ved lavere hastighet. Den svenske rapporten trekker frem at risikoen for ulykker øker p.g.a av at føreren har kortere tid til å reagere på en uventet trafikksituasjon. Med andre ord minker høy fart førerens justeringsmargin til den ytre omgivelsen. Rapporten nevner at synsfeltet minkes fra 100`

(grader) ved 40 km/t til 30` (grader) ved 130 km/t. Dette fenomenet beskrives som tunnelseende og påvirker hvor skarpt føreren oppfatter omgivelsene. Rapporten tar også opp at høyere hastighet øker risikoen for kollisjon og alvorlighetsgraden i denne.

1.2 Håndbok N100 og V120

Håndbok N100 står N for normal og håndbok V120 står for V for veileder. I dette tilfellet er V120 bakgrunnsinformasjonen for håndbok N100 med utfyllende informasjon om kravene som stilles i N100. Normalene er knyttet til lovverket og gjelder alle nasjonale hovedveger og eventuelle fravik fra innholdet skal behandles av Veidirektoratet som utgir og reviderer håndbøkene jevnlig.

1.3 Veiklasser

Generelt i oppgaven henvises det til veidimensjoneringsklasser som er beskrevet i Hb 100 (*Statens vegvesen, 2019*) Selv om dette lett kan slås opp i N100 får leseren her et raskt innblikk hva det forskjellige veiklasser står for.

Dimensjonerings-klasse	Minste horisontalkurvatur	Maksimal horisontalkurvatur for fartsprofiltillegg	ÅDT	Vegbredde	Farts grense
H1	250	1750	<6000	7,5-9 m	80 km/t
H3	800	Ingen fartsprofiltillegg for aktuell dimensjoneringsklasse	>12000	23	110 km/t
H5	400	1750	6000 - 12000	12,5 m	90 km/t
Hø1	225	1000	<4000	7,5 m	80 km/t
Hø2	125	1000	<12000	6,5 m	60 km/t

Figur 3 Veidimensjoneringsklasser

1.4 Problemstilling

Temaet for denne oppgaven er å undersøke hvordan hastigheten utvikler seg i store horisontalkurve med fartsgrænse ≥ 80 km/t i åpne landlige områder utenfor tettbyggede strøk. Studien er en litteratur studie og hovedformålet er å undersøke statistisk hvordan

hastigheten utvikler seg i større horisontalkurveradier. Hastighetsdata hentes inn fra Trafikkdata i Statens vegvesen, etter en spesifisert kravliste. Ut ifra dette må det utarbeide en database som inneholder horisontalkurvatur, fartsgrense, V85, V95, gjennomsnittshastighet, kurvevinkel og trafikkulykker. Hvor oppgaven er å identifisere modellene som beskriver korrelasjon mellom horisontalkurvatur og fart som hovedfokus med eventuelt de andre parameterne, for videre og se om dette kan ha innvirkning på fartsprofiltillegget, som tillegges på grund av horisontalkurvaturen og baseres seg på V85 hastigheten i håndbok V120 (*Statens vegvesen, 2019*).

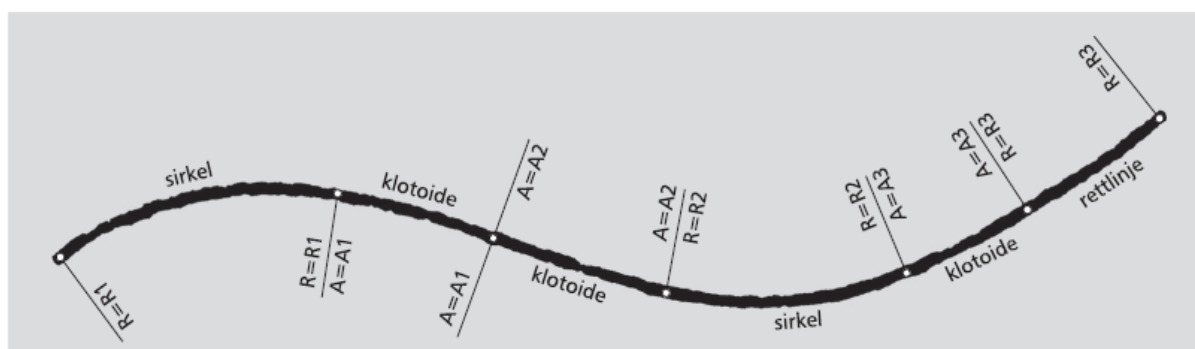
2. Teori

I dette kapitlet beskrives premisser for utforming min/maks horisontalkurveradier og hvilke forutsetninger de geometriske krav er knyttet opp mot hverandre i veistrukturen og hvordan målestasjoner for innhenting av trafikkdata fungerer.

Referanse i kapittel 2.1 til 2.5 er fra flere ulike kilder V120, N100 og forelesningsnotater fra NTNU Trondheim Vegbygging.

2.1 Horisontalkurvatur

Horisontalkurvaturen består av tre elementer, klotoide, sirkel og rettlinje. Kombinasjonen av disse bilder vegens horisontallinje (figur 4).



Figur 4 Eksempel på sammensetning av horisontalkurvaturen (HB V120)

Sirkelkurve er en geometrisk kurve med konstant krumning, slik navnet tilsier er kurven en «sirkel» med en viss radius. Hvilket gir en konstant sidekraft på kjøretøyet forutsatt samme hastighet gjennom hele kurven. Sirkelkurve gir en behagelig opplevelse for føreren da rattet holdes jevnt gjennom hele kurven. Dette minsker risikoen for å miste kontrollen over kjøretøyet. I henhold til håndbok (V120, Statens vegvesen 2013) så medfør bruk av kurver med liten variasjon i kurvelengde og radius til mer forutsigbarhet, hvilket er positivt for trafiksikkerheten. Klotoide er element som brukes som en overgang mellom sirkler med ulik radius, rettlinjer og krumningsretning. Dette er ment å gi en jevn og behagelig kjøreopplevelse med en positiv effekt på trafiksikkerheten. I motsetning til sirkelkurven, hvor føreren holder et konstant rattutslag dreier man jevnt på rattet i en klotoide.

Rettlinjer er der som vegen går rett frem uten retningsendring. Lange rettlinjer kan gi god sikt og gode forbikjøringsmuligheter. Utfordringen med dette kan være at det er vanskelig å bedømme hastighet og avstand til møtende kjøretøy, dessuten kan rettstrekninger øke risikoen for blanding av møtende kjøretøy ved mørkekjøring. Det er forøvrig ønskelig med partier langs

en vegstrekning med forbikjøringsmuligheter. Det bør derfor strebes etter å bruke slake kurver med gode siktforhold fremfor rette linjer i områder det tenkes forbikjøring da slake kurver gir enda bedre omkjøringsikt da synsretning mellom føreren og vegen blir på siden av kjøretøyet som kjører fremfor.

2.2 Minste horisontalkurveradius

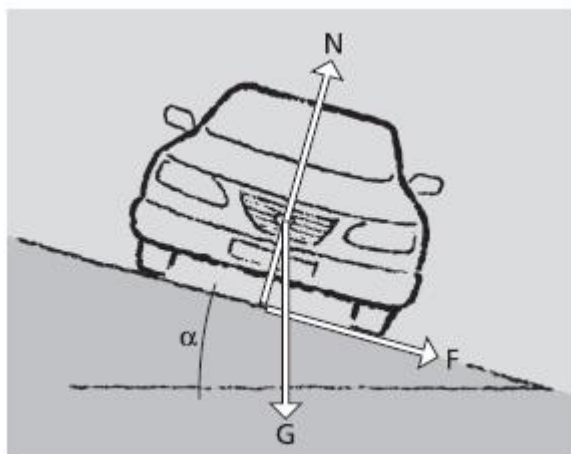
Hensikten med å beregne minste horisontalkurveradius er å få fram likevekt mellom kreftene som påvirker et kjøretøy som befinner seg i en kurve. Videre må prosjekterende påse at valgt kurvatur er i henhold til krav om sikt. Figur 5 beskriver hvordan kreftene virker inn på et kjøretøy som befinner seg i en kurve og beregnes etter parametere og formel som beskrevet her

V = Fartsgrensen + ev fartstillegg km/t.

e_{maks} = Den maksimale overhøyden som skal brukes i kurven, mm.

f_k = sidefriksjonsfaktor

Formel:
$$R_{h,min} = \frac{V^2}{127 \cdot (e_{maks} + f_k)} \quad [m]$$



Figur 5 Hvordan kreftene virker på et kjøretøy i en kurve (HB V120)

2.3 Nabokurver

For sirkler ≤ 300 stilles det krav til nabokurven (*figur 6*) for å opprettholde en jevn geometri i horisontalplanet. Dette betyr at det ikke er mulig å kombinere radier ≤ 300 med rettlinje.

Ønskes det en rettlinje må man gå veien gjennom figur 6 håndbok N100 (*Statens vegvesen, 2014*). Eksemplet baserer seg på dimensjoneringsklasse U-Hø2, øvrige hovedveger med ÅDT 1500-4000 og fartsgrense 60-80 km/t. Minste horisontalkurvatur i denne dimensjonen er $R_h=100$. Kombinasjonene for å komme frem til rettlinje blir da følgende:

$R_h=100$ kombineres med $R_h=150$

$R_h=150$ kombineres med $R_h=200$

$R_h=200$ kombineres med $R_h=300$

$R_h=300$ kan kombineres med rettlinje og det er ingen øvre grense til nabokurve.

Mellom hver av sirkelementene må det brukes klotoider. I oppgaven ønskes det å se på store horisontalkurvaturer og da det ikke er krav til nabokurve ved $R_h \geq 300$ har vi valgt å basere vår analyse på kurvaturer mellom $R_h=300$ og $R_h=3000$.

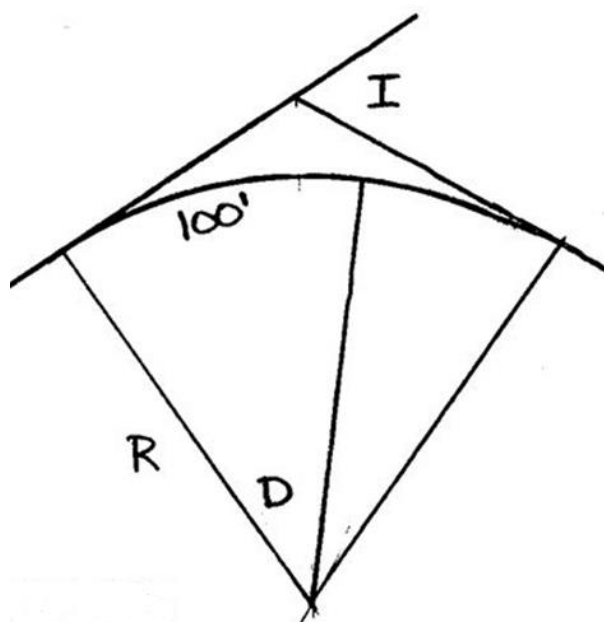
Horisontalkurvaturparametre							
R_h^1	Nabokurve		Klotoide	Sikt lengde ²			
	Min	Maks	Min	Stopp	$\Delta st1$	$\Delta st2$	Forbi
100	100	150	65	60	-4	5	-
125	100	180	75	60	-4	5	-
150	100	200	80	65	-4	5	-
175	120	250	90	65	-4	5	-
200	150	300	95	65	-4	5	-
225	160	350	100	65	-4	5	-
250	175	400	110	65	-4	5	-
275	180	550	115	65	-4	5	-
300	200		120	65	-4	5	-
350	225		125	65	-4	5	-
400	250		130	65	-4	5	-
450	270		135	65	-4	5	-
500	270		140	65	-4	5	-
550	275		140	65	-4	5	-
600	280		145	65	-4	5	-
700	290		145	65	-4	5	-
800	290		145	65	-4	5	-
900	290		145	65	-4	5	-
≥ 1000	300		145	65	-4	5	-

Figur 6 Dimensjoneringsstabell for U-Hø2 Øvrige hovedveger (HB N100)

2.4 Kurvevinkel

Kurvevinkel brukes som et mål på hvor mye krumningen (bøyning) av en sirkelbue er og akkurat som radien så er kurvevinkel et mål for hvor skarp kurven er. Kurvens grader er avhengig av vinkelen som formes av to radier som utgår fra sirkelens midtpunkt ut til sirkelen der det er en avstand på 30,48 m (100 feet) mellom to de to radiene. Kurvevinkel er et mål som brukes i f.eks. veg- og jernbaneprosjekter. Kurvevinkel er vesentlig og ha med i analysen da dette har innvirkning på lengden på kurven. Større kurvevinkel gjenspeiler seg i lengre sving/kurve.

Formelen er $D_{cft} = 360^\circ / 2\pi R$ (Degree/100ft)



Figur 7 Kurvevinkel (Wolf og Ghilani, 2006)

2.5 Fartsmålemetoder

Innsamling av data kan gjøres på forskjellige måter. Dataene er innsamlet fra Trafikkdata (Statens vegvesen, 2019) som får sine data fra utplasserte trafikkregisteringspunkt. Under er det beskrevet virkemåten på tellepunktene. Der er også beskrevet andre tellemetoder for å få et nyansert bilde av tilgjengelige/brukbare metoder. Trafikkregisteringspunkt er for å foreta registrering av forskjellige trafikkdata som beskrevet under. Punktet defineres med veireferanse, vegtype, veinummer parsell metrering, kjørefelt og koordinater.

- ÅDT – tall
- Tidsvariasjoner

- Forskjellige døgnverdier
- Klassifisering av kjøretøy
- Fart

Det finnes imidlertid flere ulike trafikkregistrerings punkt fra nivå 1 til nivå 4 som har forskjellige egenskapene og registreringsintervaller. Variasjonene mellom disse er vist i figur 8 (HB V714, Statens vegvesen 2011)

Registre- ringsnivå	Betegnelse	Tids- opp- løsning	Antall perioder	Periode- lengde	Registrerings- frekvens	Utvalgs- usikkerhet ¹
Nivå 1	Kontinuerlig	1 time	12	Måned	Kontinuerlig	0 %
Nivå 2	Periodisk	1 time	4-5	Uke	Hvert 4. år	3-5 %
Nivå 3	Periodisk	1 time	1-3	Uke	Hvert 4.- 6. år	6-10 %
Nivå 4	Periodisk/ enkelt- registrering	1 time	Fritt valg	Fritt valg	Fritt valg	

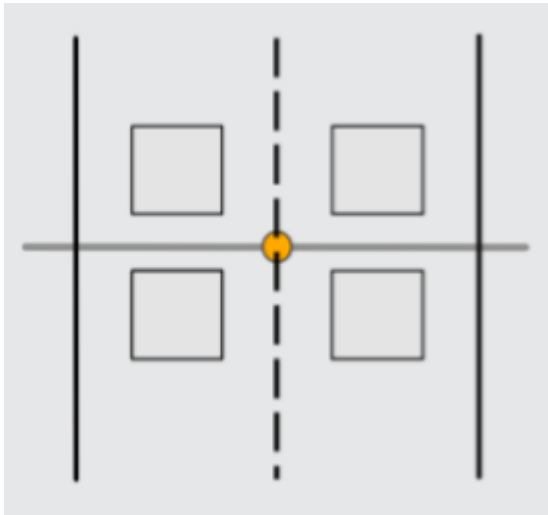
Figur 8 Oversikt over registreringspunkt (HB V714)

Utstyret som benyttes er vanligvis induktive sløyfer men på noen av de lavere nivåene brukes radar, video og i noen tilfeller gummislanger. Det er opplyst fra Trafikkdata at alle dataene er hentet i fra registreringspunkt på nivå 1 hvor der foregår en kontinuerlig registrering med induktive sløyfer. Nivå 1 punktene kan brukes til trafikkovervåkning og sanntidsinformasjon om trafikken og som kan tyde på at innhentet informasjon er relativt pålitelig.

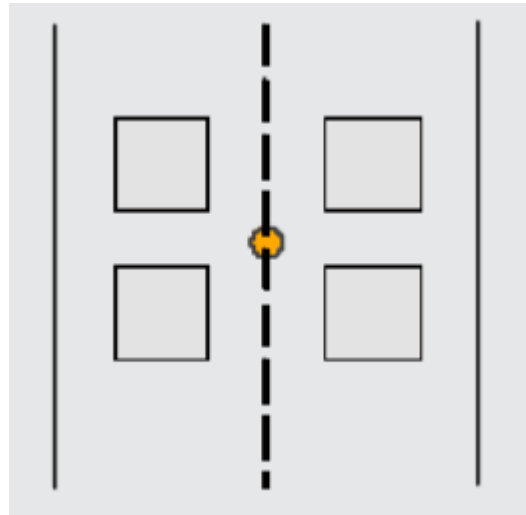
Utvalgsusikkerheten er definert i forhold til tiden registreringene pågår og er forventet avvik mellom beregnet tid og sann tid. I og med at nivå 1 har registreringer alle dager og timer gjennom et kalenderår settes utvalgsusikkerheten til 0%.

I Håndbok V714 (Statens vegvesen, 2011) er det beskrevet at registreringspunktstrukturen skal fordeles slik at antallet punkter fordeles langs hele vegnettet men at veger med høy ÅDT får flere registreringspunkt enn de med lav ÅDT. Videre kan det være aktuelt og plassere registreringspunkt ved overgang til randbebyggelse inn mott tettbygde strøk og i ytterkanten av sentrumsområder. Det kan være forklaringen på at det er levert mye data fra bla E6, E18 i Hedmark og Akershus som innbefatter seg med nasjonale veger med stor ÅDT. Dette kan være noe av årsaken til at vi ikke har fått noe data fra fylkesveger. Kriterier for plassering av nivå 1 punkt sier også at disse skal plasseres på de viktigste innfartsvegene til byer og større tettsteder hvor da disse kan ligge i landlige åpne områder som er innenfor våre kriterier.

Håndbok V714 (Statens vegvesen, 2011) definerer registreringen enten som et punkt eller som en linje som legges vinkel rett på vegen som vist i figur 9 og 10.



Figur 9 Registreringspunkt, (V714,2011)



Figur 10 Registreringslinje, (V714 ,2011)



Figur 11 Et typisk skap med utstyr for registrering nivå 1 (V714 ,2011)



Figur 12 Plassering av registreringspunkt for 4-felts veg, (V714 ,2011)

Etter at dataene er samlet inn fra målestasjonen er det viktig at de ansvarlige for målingene kritisk gjennomgår innhentede data for å vurdere kvaliteten og luke ut eventuelle feil som bla hendelser i vegnettet som forårsaker at dataene ikke blir representative, unormale avvik, forskyvning av tider, eventuelle feil med måleutstyret. Etter at dataene er kvalitetssikret blir de lagt over i en database kaldt NorTraf (*Statens vegvesen, 2019*) hvor de er offentlig tilgjengelige.

3. Metode

I metode kapitlet er det beskrevet bakgrunn for valg av registeringspunkt ved innhenting av trafikkdata og hvordan disse er videre behandlet inn i egen database. Kapitlet avsluttes med beskrivelse av metodevalg for analysering av dataene.

3.1 Valg av målemetode

Det finnes 4 typer registeringspunkt som er plassert rundt i vegnettet i Norge. Nivå 1 innehar kontinuerlig registrering 24 timer pr døgn hele året. Nivå 2 og 3 har periodevise registreringer hvor disse registreringene foregår 1-5 ganger pr år og gir gode anslag på verdier for beregning av ÅDT. Nivå 2 og 3 kan i visse tilfeller være mindre utstyrt enn nivå 1 punkt. Nivå 4 er mobile fartsmålere og kan plasseres på ønsket sted. Det ble vurderte bruk av nivå 4 målere (mobile fartsmålere), på enkeltregistreringer som ikke inngår i ordinære registeringsopplegget. Dette hadde medført et større belegg på fylkesvegene, da disse kan plasseres på ønskede vegstrekninger. Utfordringer med nivå 4 målerne er at de er noe vanskelige tilgjengelige da disse brukes mye i forbindelse med trafikksikkerhetsarbeid. Registreringen på nivå 4 foregår over en kort tidsperiode og vil medføre mindre produksjon av data med større usikkerhets utvalg. Tilgjengeligheten på nivå 4 målere og bruk av profesjonelt personell for kvalitetssikring av data gjør det utfordrende med tanke på tidsperspektiv og tilgjengeligheten på disse målerne. Nivå 1 telestasjoner ble derfor det mest hensiktsmessige valgt med tanke på tilgjengelighet og kvalitet på dataene.

3.2 Innsamling av data til database

Ved innsamling av trafikkdata forespurte vi Trafikkdata som er en del av geodataseksjonene i Statens vegvesen om å sende oss trafikkdata etter kravlisten i figur 13.

1	Minimere at fartsvalget påvirkes av ytre værforhold, data innhentes mellom månedene mai og september. Ønskelig at Trafikkdata velger 2 tilfeldige datoer for innhenting av data, 1 for hverdag og en for helg.
2	Det skal være åpne sideterreng, derfor velger bort data fra f.eks. målestasjoner i tunnel bort.
3	Det er kun sett på data fra målestasjoner utenfor tettbygd strøk uten større konstruksjoner inntil vegen.
4	Det ses kun på målestasjoner plassert i skiltet fartsgrense ≥ 80 km/t

Figur 13 Kravliste for innhenting av data

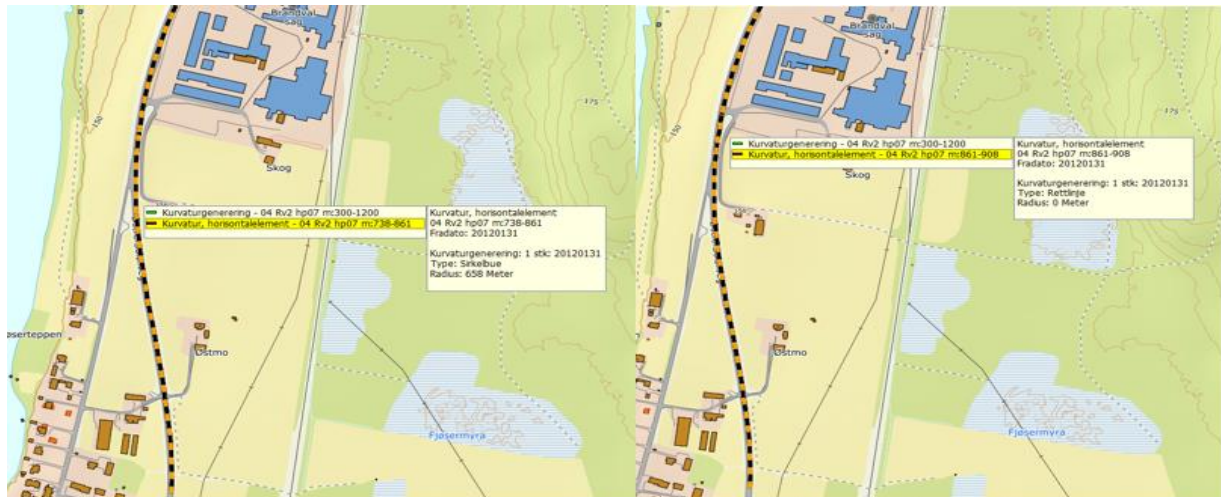
Ved mottak av rådata fra Trafikkdata, hvor figur 14 er et lite utdrag fra dette, inneholdt dette timesdata for 2 døgn fordelt på totalt 46 tellepunkt. Dataene ble gjennomgått manuelt for å kvalitetssikre dataene og omregne timesdata til døgnverdier for et bedre oversiktlig resultat og lette analysen av dataene. Utfordring med gjennomsnitt er at alle hastigheter gjennom døgnet er med og at rushtrafikk og andre hastighetsdempende hendelser i trafikkbildet drar ned gjennomsnittet.

Telledata: Rådata				felt 1,3 fra oslo							
Utskriftsdato: 16. januar 2019				felt 2, 4 fra drammen							
Tellepunkt: 200127 - ASKER											
EV 18 Hp: 12 Km: 380											
Dato	Tid	Felt	Antall	Kortere enn	5.6 til 7.5	7.6 til	12.5 til	Lengre enn	Hastighet	Hastighet	Hastighet
			kjøretøy.	5.6 meter.	meter.	12.4 meter.	15.9 meter.	16.0 meter.	gjennomsni	85-fraktil	95-fraktil
									tt		
23.05.2018	01:00	1	19	19	0	0	0	0	97	104	107
23.05.2018	01:00	2	20	20	0	0	0	0	106	115	117
23.05.2018	01:00	3	119	83	8	11	1	16	92	104	114
23.05.2018	01:00	4	129	66	2	18	3	40	89	100	107
23.05.2018	02:00	1	8	8	0	0	0	0	93	104	105
23.05.2018	02:00	2	4	4	0	0	0	0	92	101	102
23.05.2018	02:00	3	123	90	4	9	2	18	91	103	110
23.05.2018	02:00	4	65	39	3	4	0	19	90	105	114
23.05.2018	03:00	1	4	4	0	0	0	0	92	100	100
23.05.2018	03:00	2	10	8	2	0	0	0	106	114	138
23.05.2018	03:00	3	76	48	3	8	0	17	90	103	110
23.05.2018	03:00	4	69	39	2	4	2	22	88	99	108
23.05.2018	04:00	1	4	3	1	0	0	0	94	98	100
23.05.2018	04:00	2	12	9	1	0	1	1	96	106	111
23.05.2018	04:00	3	57	25	5	12	3	12	90	103	110
23.05.2018	04:00	4	99	64	4	9	0	22	89	101	110
23.05.2018	05:00	1	1	0	0	1	0	0	88	88	88
23.05.2018	05:00	2	25	20	4	0	0	1	103	116	119
23.05.2018	05:00	3	60	19	9	6	4	22	86	101	108
23.05.2018	05:00	4	153	77	9	24	4	39	91	103	108
23.05.2018	06:00	1	48	45	3	0	0	0	96	106	111
23.05.2018	06:00	2	540	521	19	0	0	0	101	110	116
23.05.2018	06:00	3	210	123	12	19	8	48	90	103	109
23.05.2018	06:00	4	578	425	23	46	16	68	90	100	107
23.05.2018	07:00	1	289	281	2	1	2	3	97	105	109
23.05.2018	07:00	2	1686	1632	43	7	1	3	90	99	104

Figur 14 Rådata fra Trafikkdata for ett tellepunkt

3.2 Utarbeidelse av database

En vesentlig jobb i denne masteroppgaven har vært å bearbeide hastighetsdataen levert av Trafikkdata. Til dette arbeidet ble det brukt NVDB (*Norsk vegdatabank, 2019*) til å se igjennom alle målestasjonene og luke ut kurvatur som er mindre enn Rh 300 og større enn Rh 3000 meter. Rh 300 ble valgt som minste kurvatur da dette er den første minimumskurvaturen som ikke har krav til nabokurve (*HB N 100, 2019*). Øvre kurvaturer på Rh 3000 kan regnes som rettstrekning selv om dette ikke er funnet eksakt fasit på dette og påstanden kan derfor være åpen for diskusjon. Horisontalkurvaturen i NVDB deler kurvaturen i flere enheter med mindre diametere og mindre rette linjer som vist i figur 15. Hver enkelt kurvatur har blitt sett på visuelt ut ifra kartet i NVDB, rundt hvert tellepunkt. Ut ifra dette er det beregnet vektet gjennomsnitt for horisontalkurvaturen. Formel for vektet gjennomsnitt = $(R1 \times S1) + (R2 \times S2) / (S1 + S2)$, hvor R1 er radien og S1 er lengden på kurven.



Fylke	K	S	Veg	FHp	FMeter	THp	TMeter	Lengde	Avdeling	Kommune	Type	Radius	Kurvaturgenerering
4	0	V	Rv2	7	300	7	435	135	Hedmark	402	Sirkelbue	-818	20120131
4	0	V	Rv2	7	435	7	511	76	Hedmark	402	Rettlinje	0	20120131
4	0	V	Rv2	7	511	7	614	103	Hedmark	402	Sirkelbue	-2843	20120131
4	0	V	Rv2	7	614	7	738	124	Hedmark	402	Sirkelbue	1204	20120131
4	0	V	Rv2	7	738	7	861	123	Hedmark	402	Sirkelbue	658	20120131
4	0	V	Rv2	7	861	7	908	47	Hedmark	402	Rettlinje	0	20120131
4	0	V	Rv2	7	908	7	946	38	Hedmark	402	Sirkelbue	278	20120131
4	0	V	Rv2	7	946	7	1005	59	Hedmark	402	Rettlinje	0	20120131
4	0	V	Rv2	7	1005	7	1080	75	Hedmark	402	Sirkelbue	436	20120131
4	0	V	Rv2	7	1080	7	1168	88	Hedmark	402	Rettlinje	0	20120131
4	0	V	Rv2	7	1168	7	1200	32	Hedmark	402	Sirkelbue	523	20120131

Figur 15 NVDB Deler større horisontalkurvatur i mindre kurver og rettlinjer

Dato	Veg nr	HP	KM	Tellepunkt	Rh [m]	fartsgrense [km/t]	målt hastighet gjennomsnitt [km/t]	målt hastighet 85% fraktil [km/t]	målt hastighet 95% fraktil [km/t]	målt hastighet gjennomsnitt av tilfeldighet	målt hastighet 85% fraktil tilfeldig	målt hastighet 95% fraktil tilfeldig	ÅDT	Ulykker, per siste 10år	nabokurve JA/NEI	Kurvevinkel [°]
23.05.2018	EV. 6	13	2349	209900	2259	110	93,2	128,8	134,8	89	99	105	15891	0	NEI	49
26.05.2018								143,6	147,2	94	103	108				
23.05.2018	EV. 6	12	3781	200022	2247	110	110,6	137,6	145,8	108	120	126	20972	2	JA	31
26.06.2018								148	154	113	124	131				
23.05.2018	EV. 18	12	380	200127	1897	90	91	113,6	122,4	90	99	105	48946	8	JA	18
26.05.2018								119	124,4	92	101	107				
23.05.2018	EV. 6	11	6721	200153	2498	110	91,5	127,4	140,2	85	97	103	43674	5	JA	13
26.05.2018								128,6	137,4	98	108	114				
23.05.2018	EV. 6	10	4000	200200	2064	110	93,2	127,2	131,6	88	100	106	59666	3	JA	41
26.05.2018								122,2	129,8	96	109	115				
23.05.2018	EV.6	3	1900	200206	2233	90	73,2	117	122,2	65	75	80	32712	4	NEI	14
26.05.2018								121,8	128,2	75	84	90				
23.05.2018	EV. 6	2	10320	200232	2247	90	93,7	123,8	133,6	89	99	105	20525	0	NEI	54
26.05.2018								120,2	128,2	89	98	104				
23.05.2018	EV. 6	1	1960	200246	2295	100	106,7	129	138,4	101	113	120	34630	5	JA	16
26.05.2018								134,6	140,6	109	119	126				
23.05.2018	EV. 16	4	8908	209634	1910	90	100,3	127,4	135,8	95	103	109	10990	1	JA	23
26.05.2018								123,6	132,2	93	102	108				
23.05.2018	EV. 16	51	1531	209665	1870	90	95,9	127,8	135,6	87	95	102	14093	1	JA	16
26.05.2018								126,6	138,8	86	105	113				

Figur 16 Utdrag fra database

Videre i databasen (figur 16) er det tatt med trafikkulykker som er hentet ut fra STRAKS ulykkeregistering gjennom NVDB på en strekning på 1km, dvs +/- 500 meter fra hvert tellepunkt over en periode på 10 år. Definisjonen på en ulykkestrekning er minimum 10 politirapporterte personskadeulykker på 5 år innenfor en strekning på 1 km (TØI, 2012). Ved innhenting av data på trafikkulykker fant vi ut at ingen av strekningene var å definere som ulykkestrekninger og valgte dermed 10 år som intervall for å ha nok data å beregne mot. For å

hente ut kurvevinkel som er omtalt kap 2.4 er det brukt Autocad for å måle kurvevinkel for hver enkelt kurve. Tanken med kurvevinkel er at den kan ha innvirkning på valg av hastighet, da lengden på kurvaturen blir lengre ved økt kurvevinkel selv om diameteren på kurven beholdes. Hastighetsparameterne er valgt ut ifra forskjellige argumenter. V85 skal dekke 85% av alle tilfeller og V85 er hastigheten som brukes i beregning av grunnparameterne i N100 (*Statens vegvesen, 2019*).

3.3 Valg av metode for analysering av data

Ved analyse av dataene har vi valgt å bruke Lineære modeller som et verktøy for å matematisk bevise eller motbevise horisontalkurvatures sammenheng med hastighetsparameterne, og de andre parameterne som trafikkulykker, ÅDT og kurvevinkel. Selve moduleringen av dataene og hjelp til å forstå resultatene av lineære modeller er utført med god hjelp fra ANIMA Statistikk & Analyser som har brukt programvaren TIBCO Statistica Professional versjon 13.3.0. Vi valgt å gjøre dette for å prøve å lage en matematisk funksjon på hvordan hastigheten forholder seg til horisontalkurvaturen. Beregningsmodellene er relativt kompliserte og vi så derfor behov for å mota god støtte på dette.

3.4 Lineære modeller

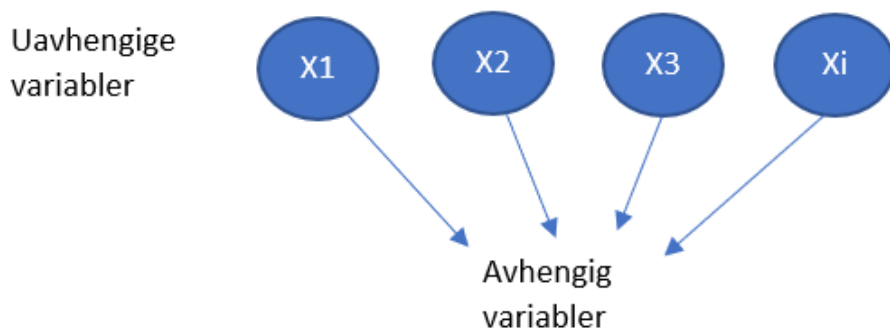
For å finne om det er sammenheng mellom 2 variabler eller flere og hvordan disse endrer seg sammen, er det 2 metoder som er mest brukt, Spearman rank (*Charles Spearman*) og Pearson (*Person, 1896*). For å velge hvilken av disse 2 som passer best til analysen må variablene vurderes etter hvordan de oppfører seg når de endrer seg. Ved Person korrelasjon er forholdet mellom de variable, lineær når endringen i de variable er av lik art. Ved Spearman rank endrer verdiene seg sammen med korrelasjon men ikke som for Person ved at de endrer seg i samme tempo. Spearman rank er ordinal som betyr at avstanden mellom de variable ikke er av betydning, som f.eks. kan ikke avstanden mellom mest, mer eller lite beskrives men de kan rangeres. Spearman Rank er første forhåndsindikator for hvilke variabler vi kan ta med oss videre for å bygge lineære modeller. Korrelasjoner i Spearman Rank har en tallverdi fra -1 til 1, hvor -1 eller 1 er en perfekt korrelasjon. Verdier på 0 eller nær 0 indikerer at det ikke er sammenheng mellom de variable. Figur 17 viser resultatet etter Spearman Rank, hvor alle verdier er hypotesetestet og røde verdier er signifikant med $p < 0,0500$. Dette betyr at vi kan bygge lineære modeller med de røde verdiene men ikke med de svarte verdiene.

Spearman Rank Order Correlations (alt sammen)
 MD pairwise deleted
 Marked correlations are significant at $p < .05000$

Variable	Rh [m]
Rh [m]	1,000000
fartsgrense [km/t]	0,326995
5 høyeste gjennomsnitthastighet [km/t]	0,213640
Gjennomsnitt av 5 høyeste 85% fraktil [km/t]	0,318773
Gjennomsnitt av 5 høyeste 95% fraktil [km/t]	0,332802
Gjennomsnitthastighet [km/t]	0,218316
85% fraktil av hastighet [km/t]	0,258174
95% fraktil av hastighet [km/t]	0,238174
ÅDT	0,119773
Antall ulykker per siste 10 år	0,116879
nabokurve	0,034591
Kurvevinkel [°]	-0,355361

Figur 17 Spearman Rank resultat

Med utgangspunkt i Spearman rank analyse, er det identifisert på forhånd hvilke variabler som kan være aktuelle sammen i en lineær modell. Ved utførelsen av lineære modeller tar vi utgangspunkt i de 6 hastighetsvariablene, hvor kun 1 av de er avhengig variabel og resterende X_1, X_2, \dots, X_i er uavhengige som i figur 18.



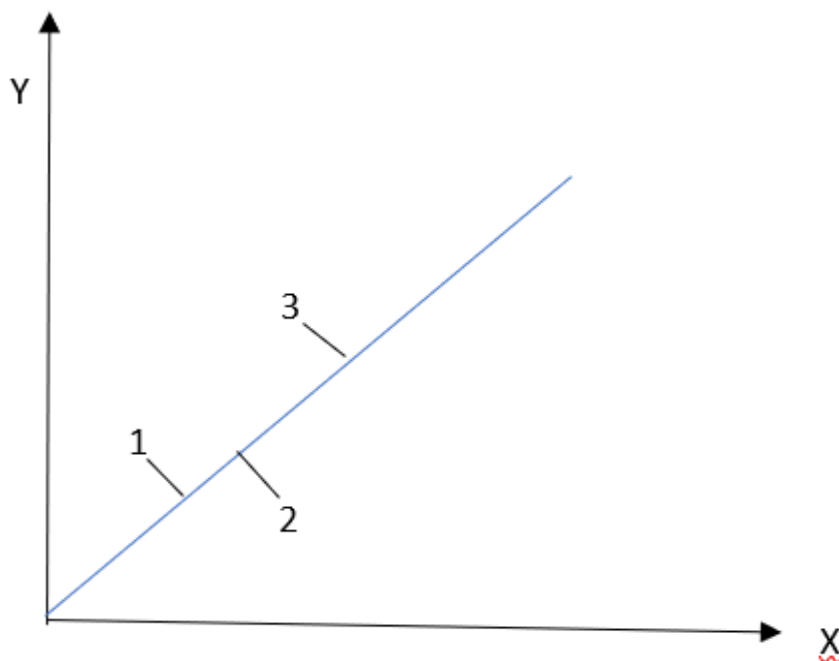
Figur 18 Illustrasjon mellom uavhengige og avhengige variabler

Resultatet i figur 19 forteller oss at lineær modell som er predikerer at de 5 høyeste gjennomsnittshastigheter, hvor kurvevinkel som er en uavhengig variabel er statistisk signifikant da denne har rød verdi. Svart verdi som i dette tilfellet er ÅDT, betyr at denne variabelen ikke bidrar til å høyne gjennomsnittshastighet og og blir dermed fjernet fra modellen. Med andre ord både kurvevinkel og ÅDT har hatt statistisk signifikant korrelasjon med 5 høyeste gjennomsnittshastigheter i Spearman rank test, men ved sette disse 3 enhetene sammen viser det seg at forholdet mellom kurvevinkel og 5 høyeste gjennomsnittshastigheter er sterkest og demper med dette betydningen av ÅDT. Ved hypotesetesting brukes p-verdi for å bevise den statistiske signifikans. Verdier som har $p < 0,05$ blir fjernet fra analysen og som vises som svarte verdier i vårt tilfelle. Etter at vi sitter igjen med bare røde verdier kan vi anta at modellen er signifikant og bygge en 2D modell som figur 22 med en variabel. Får vi signifikans for 2 variabler samtidig predikerer dette en avhengig variabel som i figur 23 kan det bygges en 3D modell for å presentere resultatet. Etter at denne operasjonen er gjennomført, gjøres det samme med de 5 andre hastighetsparametrene.

Parameter Estimates (80)	
Sigma-restricted parameterization	
Effect	5 høyeste gjennomsnitthastighet [km/t] Param.
Intercept	84,11189
Kurvevinkel [°]	-0,06749
ÅDT	-0,00018

Figur 19 Resultatet av lineær modell

Hvilken modell som er av betydning sees ut fra den modellen som har høyest R kvadrat. R kvadrat er et mål på hvordan alle korrelasjonene henger sammen. Denne har et intervall mellom 0 og 1 og kan også omtales i prosent. En korrelasjon mellom 0,8 og 1 beskriver en god sammenheng. Desto nærmere verdiene ligger den lineære linje beskriver dette en god korrelasjon. Dette observeres ut ifra modellen at de meg lav R kvadrat her en spredd punkt sky. Hvis en ekstra uavhengig variabel viser seg å være statistisk signifikant i kombinasjon med alle andre variabler som allerede er lagt til modellen, så øker denne variabelen matematisk forklaring av avhengig variabel og dermed øker den R og R kvadrat. Vårt hovedtema er å identifisere disse modellene som beskriver korrelasjon mellom horisontalkurvatur og fart. I Spearman rank var alle verdiene i utgangspunktet likestilte mens lineære modeller baserer seg på prinsippet for minste kvadrat metode som justerer den lineære linjen til oppnådd minste kvadrat mellom 1,2 og 3 i dette eksemplet.



Figur 20 R kvadrat

Referansene til dette kapitlet er hentet fra

<http://folk.ntnu.no/eiriksko/Medstat09/GenLineMod09.pdf>. Denne referansen er validert av

ANIMA Statistikk & Analyser og hjelp funksjonene i programmet TIBCO Statistica Professional versjon 13.3.0. Mer utfyllende teori er i vedlegg 3.

3.5 Styrke og svakheter

Ved innsamling av data har vi brukt sekundærdata. Disse dataene kan inneholde feil og mangler som vi ikke klarer å oppdage som kan slå feil ut ved analysen. Disse dataen er allikevel gjennomgått av profesjonelt personell i Trafikkdata for å luke ut feilkilder og sender av oss. Så sannsynligheten for at det ligger store feilkilder i innhentet data ser vi som relativt lav.

Svakheten med den lineære modellen er lenkene mellom variablene som bare går fra uavhengige variabler til en avhengig variabel som illustrert i figur 18. Modellen tar ikke i betraktning at det kan finnes avhengigheter mellom uavhengige variabler. Det trenger allikevel ikke å være en utfordring når det blir understreket hvilken avhengig variabel som er den viktigste ved utføring av beregningene.

4 Resultat

I dette kapitlet presenteres alle resultater uavhengig om det lar seg bygge en lineær modell eller ikke. Der hvor resultatene tillater å bygge en modell er dette presentert med 2D-figur eller 3D-figur.

4.1 Presentasjon av resultater

Hensikten med denne oppgaven er å undersøke om hvordan hastigheten utvikler seg i store horisontalkurveradier i åpne landlige omgivelser med fartsgrense ≥ 80 km/t. Vi har utarbeidet en database med innsamlede timesdata fra Trafikkdata i Statens vegvesen og omregnet dette til døgndata. I tillegg har vi lagt til ÅDT, Kurvevinkel, trafikkulykker og horisontalkurvatur. Ser vi visuelt på dataene i databasen kan det tolkes som om hastighetsfaktorene i databasen (*vedlegg 1*) er over eller nært opp til fartsgrense. For å bevise dette matematisk valgte vi å bruke statistiske beregninger på databasen som baserer seg på lineære modeller utført av ANIMA Statistikk & Analyser med program TIBCO Statistica Professional versjon 13.3.0. Med dette prøver vi å bekrefte at det finnes statistisk signifikans mellom hastighet og horisontalkurvatur. Som nevnt har vi i tillegg tatt med verdier som ÅDT, trafikkulykker, gjennomsnittshastighet og V95 osv. Som beskrevet i innledningen (*kap 1 og figur 1*) som viser sammenhengen mellom parameterne som brukes i formelgrunnlaget til å beregne min- og maks verdier i N100, er det farten som er den viktigste parameteren som baserer seg på V85 som er vårt hovedfokus. Det er utført beregninger på alle hastighetsparameterne 80, 90, 100 og 110 km/t hver for seg og dette er nærmere presentert i vedlegg 4. Resultatet av dette viser ikke god statistisk signifikans som kan forklares med at det er for lite data for hver enkelt hastighetsparameter. Ser vi derimot til den samlede analysen av alle hastighetsparameterne kan vi lese ut at det er statistisk signifikans mellom hastigheter og kurvatur.

4.2 Presentasjon av V85

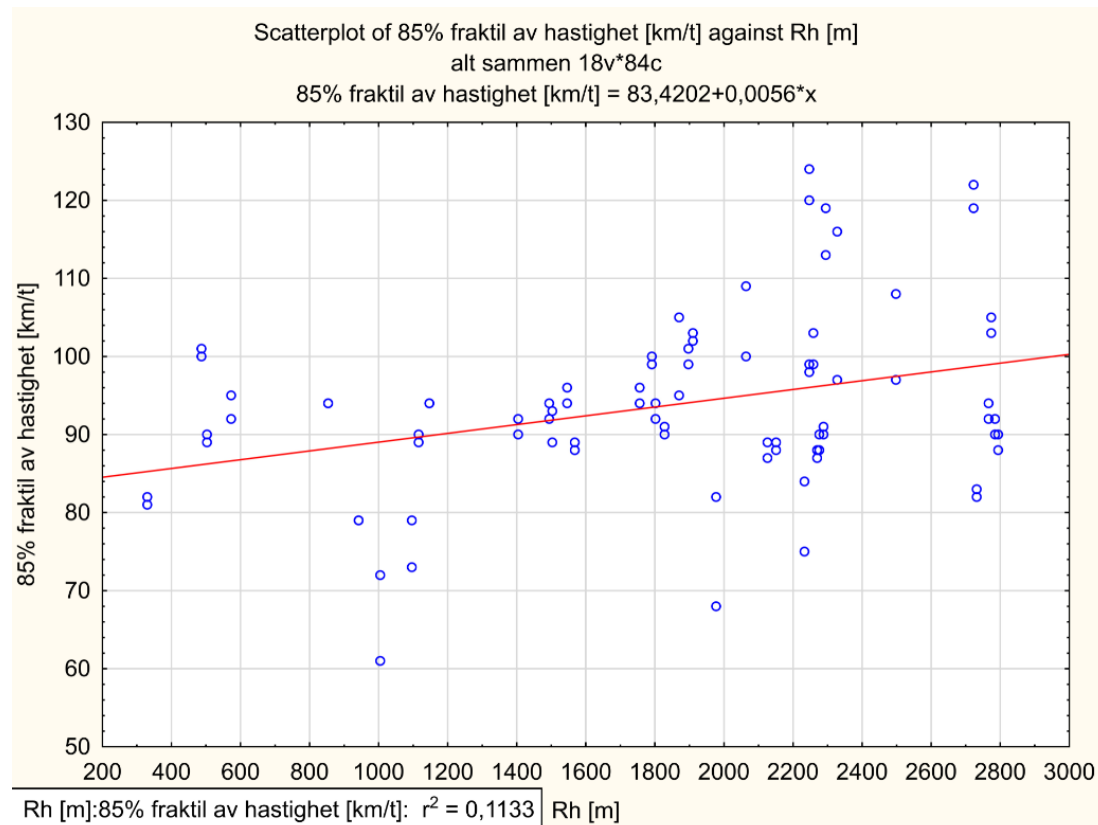
Figur 20 viser modulerte resultater av V85 for alle hastighetsparametere. For å beskrive resultatene tar vi utgangspunkt i formelen $Z = ax + by + c$, hvor a , b , c er modulerte data og Z = forventet hastighet. Ved innsetting av de modulerte dataene vil formelen uttrykke seg på denne måten: $Z = 0,00472xRh + 0,00023x\text{ÅDT} + 82,29186$. For å uttrykke resultatet på en enkel måte brukes det runde verdier for horisontalkurvatur og ÅDT. Dette gir at hastigheten øker med 4,72 km/t for hver 1000 meter radie og 0,23 km/t for hver 1 000 ÅDT. Ved å regne ut hele uttrykket gir dette en forventet statistisk hastighet med overnevnte verdier på 87,24 km/t. Dette resultatet

sier ingen ting om hvilken fartsgrense denne hastigheten statistisk sett forventes i og det er heller ikke mulig og å sted finne resultatet, da dette er beregnet ut ifra alle fartsgrensene. Det resultatet derimot sier noe om er hva som kan forventes av hastighetsøkning pr radie i meter og med en viss ÅDT ved alle fartsgrenser over 80 km/t. Utfordringen med dette er ved fartsgrense 110 km/t er ikke den statistiske hastigheten høy men for 80 km/t er den langt over.

Parameter Estimates (alt samme Sigma-restricted parameterization)	
Effect	85% fraktil av hastighet [km/t] Param.
Intercept	82,29186
Rh [m]	0,00472
ÅDT	0,00023

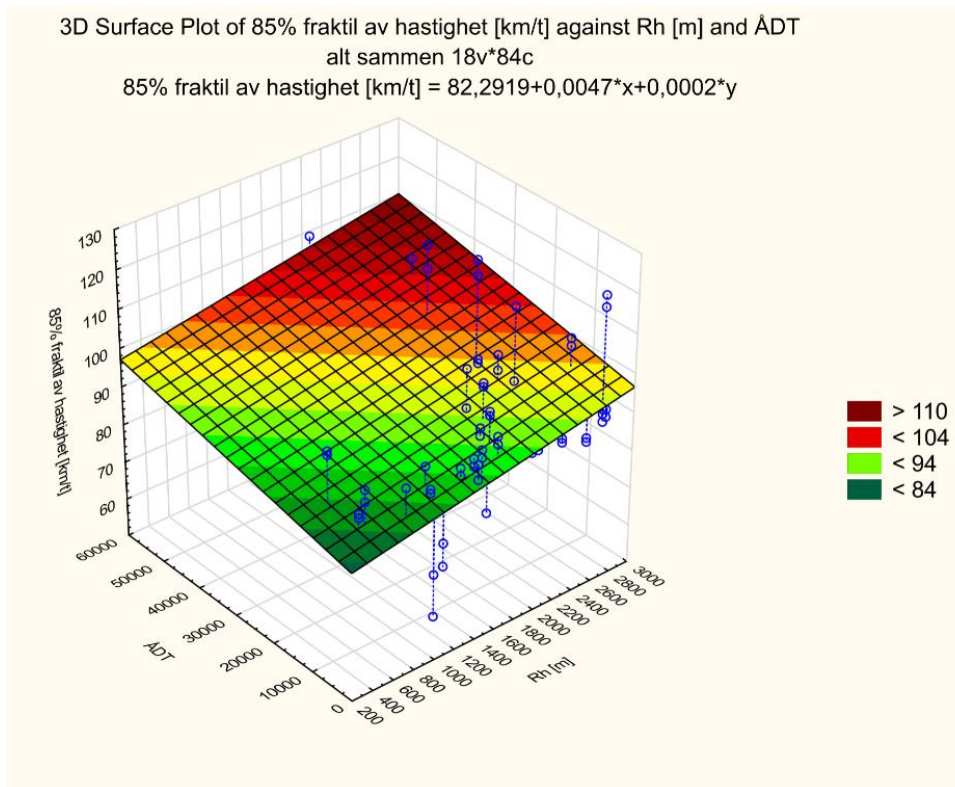
Figur 21 Modulerte resultater V85 for alle hastigheter

Figuren 22 beskriver hvordan V85 (y-aksen) fordeler seg etter horisontalkurvaturen (x-aksen). Desto nærmere punktskyen fordeler seg langs den lineære linjen representerer dette virkeligheten. R kvadrat for denne modellen er 0,1133. Dette er en lav R kvadrat verdi og beskriver at dette ikke er en god lineær modell, som observeres godt ut ifra 2D modellen. I dette tilfellet ligger punktene noe spredt, noe som kan tyder dette ikke er en god lineær modell.



Figur 22 Alle data for V85 og horisontalkurvatur

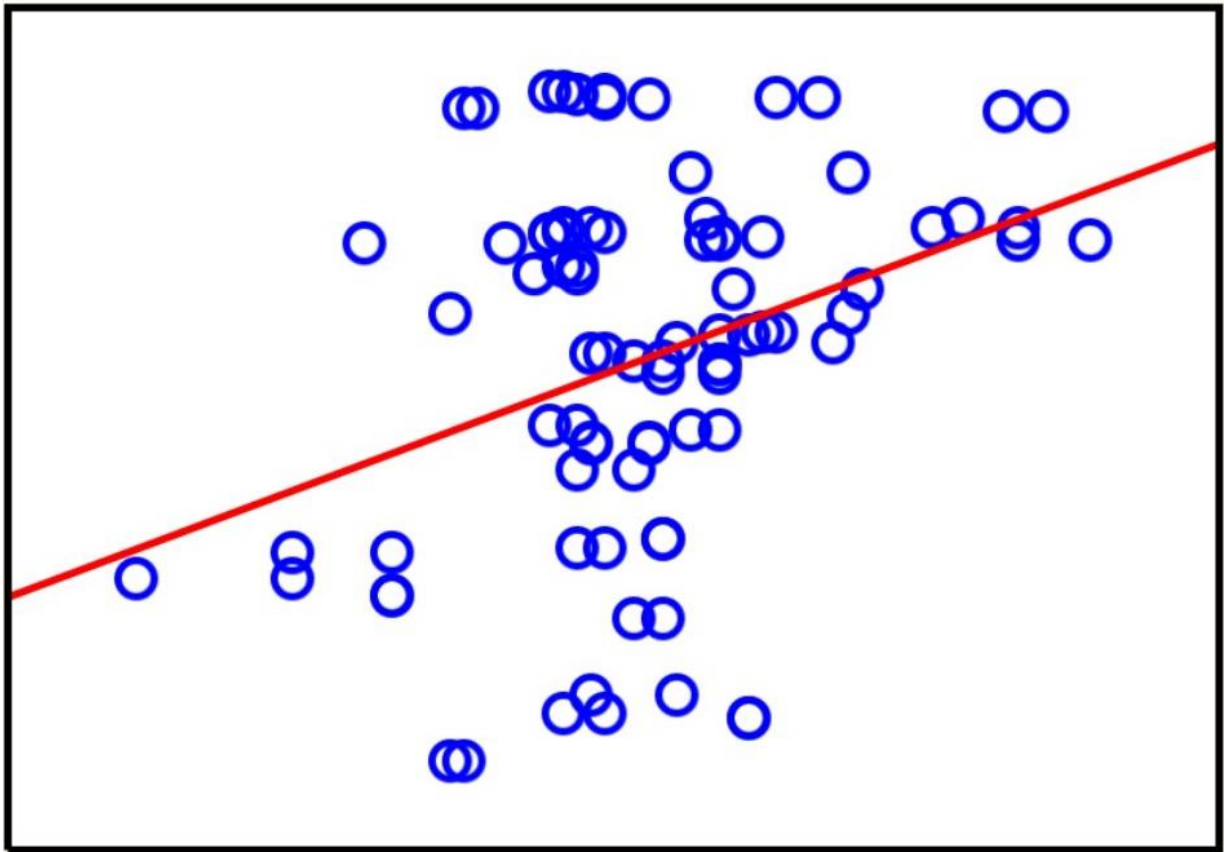
For V85 alle data fant vi korrelasjon mellom V85, horisontalkurvatur og ÅDT. Dette kan da presenteres som en 3D-modell (*figur 23*). Dette viser en god illustrasjon på hvordan hastigheten fordeler seg etter ÅDT som er brukt i dimensjoneringsklasser. Punktene i figuren forteller oss at farten øker med økende horisontalkurvatur og farten er høyere ved lavere ÅDT. Dette er logisk da veien får en høyere kapasitet ved lavere trafikk mengde tilrettelegger dette i større grad for fritt fartsvalg. Resultatene er fortsatt de samme som beskrevet over med formelen $Z=0,00472xRh + 0,00023x\text{ÅDT} + 82,29186$. Denne modellen er kun et visuelt verktøy hvor det kan observeres hvordan V85, horisontalkurvatur og ÅDT utvikler seg sammen. For ordens skyld er det vert å merke seg at fargene i modellen er tilfeldige valgt av programmet TIBCO Statistica Professional og har ingen annen betydning enn at høye verdier er røde og lave grønne.



Figur 23 3D plott av V85, Rh og ÅDT

4.3 Gjennomsnittshastighet for de 5 høyeste V85

Ser vi på gjennomsnitt for de 5 høyeste verdiene for V85 (figur 25) Som er gjennomsnittet for de 5 høyeste verdiene over 2 døgn. For å gi en nyanse på hvordan ekstrem hastighetsverdier opptrer. Setter vi verdiene inn i formelen $Z=ax + by + c$, blir dette, $Z=0,00693xRh + 0,00037x\text{ÅDT} + 93,91272$, som betyr at farten øker 6,93 km/t pr 1000 meter kurvatur og 0,37 km/t for hver 1 000 ÅDT. Dette betyr teoretisk at ved kurvatur på Rh 2000 vil hastigheten øke med 13,86 km/t og ved Rh 3000 20,79 km/t noe som er en markant hastighetsøkning. Det er allikevel vert å merke gjennomsnitt av 5 høyeste V85 omhandler mer ekstrem verdier og 1 ekstrem tilfeldig verdi vil gjøre storutslag. Noe som betyr at dette resultatet er lite betydelig.



Figur 24

Parameter Estimates (alt sammen)	
Sigma-restricted parameterization	
Effect	Gjennomsnitt av 5 høyeste 85% fraktil [km/t] Param.
Intercept	93.91272
Rh [m]	0,00693
ÅDT	0,00037

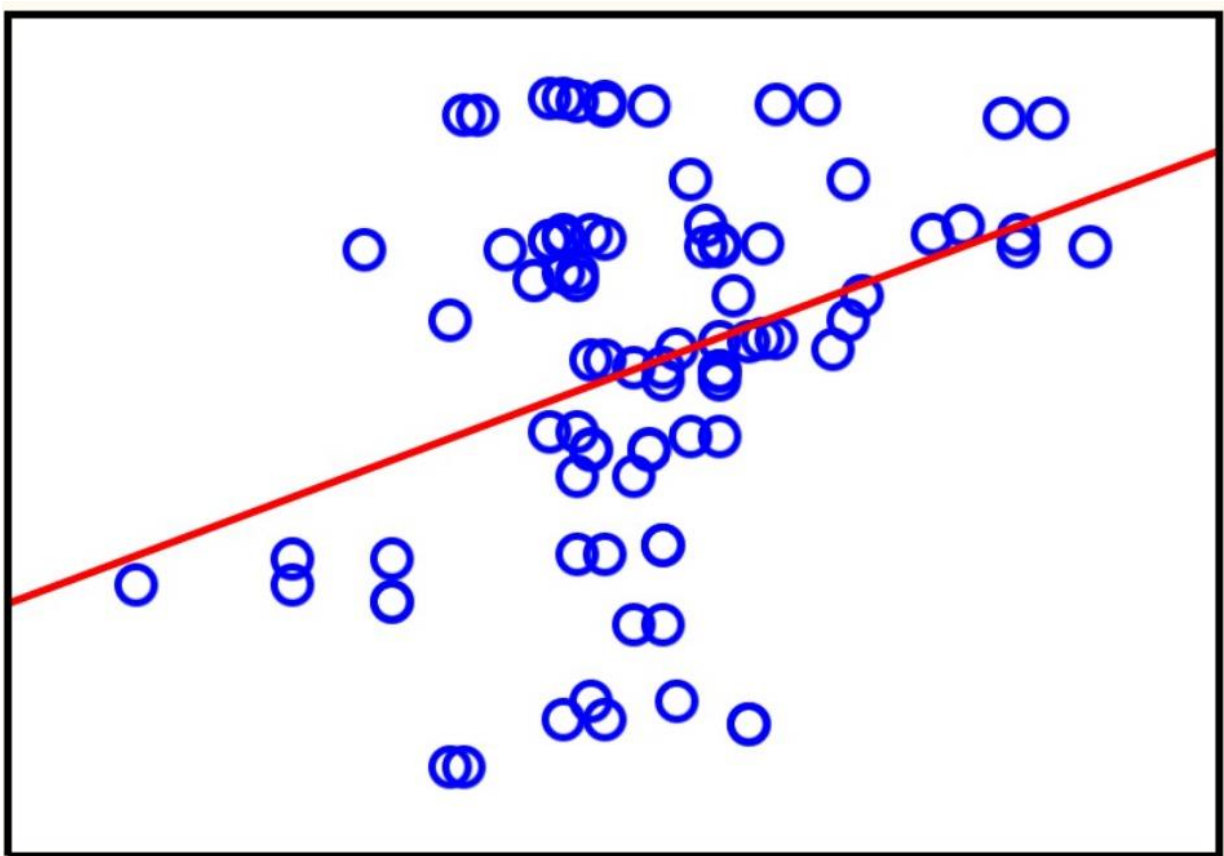
Figur 25

4.4 Presentasjon av V95

Figur 25 viser modulerte resultater av V95 for alle hastighetsparametere. Resultatene settes inn i formelen $Z = ax + by + c$. Ved innsetning av de modulerte dataene vil formelen uttrykke: $Z = 0,00503xRh + 0,00024x\text{ÅDT} + 87,92925$. Dette gir at hastigheten øker med 5,03 km/t for hver 1000 meter radie og 0,23 km/t for hver 1 000 ÅDT. Ved å regne ut hele uttrykket gir dette en forventet statistisk hastighet med overnevnte verdier på 93,19 km/t. R kvadrat for V95 er 0,117171 som beskriver at dette resultatet er lite lineært, som observeres godt ut ifra figur 27.

Effect	Parameter Estimates (alt sammen)	
	Sigma-restricted parameterization	
	95% fraktil av hastighet [km/t]	Param.
Intercept		87,92925
Rh [m]		0,00503
ÅDT		0,00024

Figur 26 Modulerte resultater av V95 alle hastigheter



Figur 27 Grafisk modell av V95 alle hastigheter

4.5 Gjennomsnittshastighet for de 5 høyeste V95

Ser vi på gjennomsnitt for de 5 høyesteverdiene for V95 (figur 28) som er gjennomsnittet for de 5 høyeste verdiene over 2 døgn. For å gi en nyanse på hvordan ekstrem hastighetsverdier opptrer. Setter vi verdiene inn i formelen $Z = ax + by + c$, blir dette, $Z = 0,0088xRh + 0,00000x\text{ÅDT} + 104,0392$, som betyr at farten øker 8,8 km/t pr 1000 meter kurvatur og 0,00 km/t for hver 1 000 ÅDT, da denne ikke har korrelasjon med ÅDT.

Parameter Estimates (alt sammen) Sigma-restricted parameterization	
Effect	Gjennomsnitt av 5 høyeste 95% fraktil [km/t] Param.
Intercept	104,0392
Rh [m]	0,0088

Figur 28

4.6 Presentasjon av gjennomsnittshastighet

Figur 29 beskriver modulerte resultater av gjennomsnittshastighet for alle hastighetsparametere. Som vi ser her er det kun korrelasjon mellom Rh og gjennomsnittshastighet. Dette betyr at det ikke er sterk nok signifikans mellom gjennomsnittshastighet og ÅDT. Resultatet sier allikevel at hastigheten øker med 4,35 km/t for hver 1000 meter Rh økning. R kvadrat for gjennomsnittshastighet og Rh = 0,071990 som også her viser en meget dårlig sammenheng mellom korrelasjonene.

Parameter Estimates (alt sammen) Sigma-restricted parameterization	
Effect	Gjennomsnitthastighet [km/t] Param.
Intercept	76,39724
Rh [m]	0,00435

Figur 29

4.7 Presentasjon av 5 høyeste gjennomsnittshastighet

Test av 5 høyeste gjennomsnittshastighet har ved Spearman rank 0,213640 men får svart farge ved hypotesetest $p < 0,05$ og kan derfor ikke brukes til å bygge lineære modeller.

4.8 Presentasjon av andre parametere beregnet med alle data

Hovedfokus i denne oppgaven er fart og hvordan den utvikler seg i forhold til økende horisontalkurvatur. Vi har allikevel tatt med andre parametere for å se om det er korrelasjon mellom disse. Under følger en kort presentasjon av disse funnene. Figur 30 viser hvilke verdier det er korrelasjon mellom. Tallene er Spearman Rank korrelasjoner og røde tall betyr at det er

korrelasjon mellom verdiene. Svarte tall er forkastet ved at de ikke tilfredsstillt hypotesetesten $p < 0,05$.

Kurvevinkel

Ser vi på figur 30 har kurvevinkel korrelasjon med horisontalkurvatur på $-0,355361$. Dette er ikke en veldig sterk korrelasjon men dette henger sammen med at kurvevinkel er med på oppbyggingen av horisontalkurvaturen (kap 2.4). Det er allikevel noe overaskende at det ikke er korrelasjon mellom denne og hastigheten da kurvevinkel innvirker på lengden på kurven, som har betydning for hvor skarp kurven kan oppleves.

Trafikkulykker

Trafikkulykker har korrelasjon med ÅDT med $0,423823$. Dette kan henger sammen med at sannsynligheten for en ulykke øker ved økt trafikkmengde.

Nabokurve

Det er ingen korrelasjon mellom de andre verdiene og nabokurve. Dette kan forklares med at vi ikke har satt tallverdi på disse kurvene, kun et ja eller nei på om det finnes nabokurve.

Spearmen Rank Order Correlations (alt sammen)

MD pairwise deleted

Marked correlations are significant at $p < 0,0000$

Variable	Rh [m]	fartsgyese [km/t]	5 høveste gjennomsnittshastig het [km/t]	Gjennomsnitt av 5 høveste 85% frakti [km/t]	Gjennomsnitt av 5 høveste 95% frakti [km/t]	Gjennomsnittshastig het [km/t]	85% frakti av hastighet [km/t]	95% frakti av hastighet [km/t]	ADT	Antall ulykker per siste 10 år	nabokune	Kurvevinkel [°]
Rh [m]	1,000000	0,328995	0,219540	0,318773	0,332802	0,218916	0,258174	0,238174	0,119773	0,116879	0,034591	-0,355361
fartsgyese [km/t]	0,328995	1,000000	0,755883	0,814310	0,774255	0,611305	0,630367	0,652787	0,566441	0,201694	-0,157185	0,018341
5 høveste gjennomsnittshastighet [km/t]	0,219540	0,755883	1,000000	0,819771	0,826108	0,866728	0,855125	0,862999	0,76676	-0,006646	-0,106214	-0,057920
Gjennomsnitt av 5 høveste 85% frakti [km/t]	0,318773	0,814310	0,819771	1,000000	0,947561	0,744094	0,803332	0,806858	0,330664	0,011941	-0,142309	-0,002941
Gjennomsnitt av 5 høveste 95% frakti [km/t]	0,332802	0,774255	0,826108	0,947561	1,000000	0,797003	0,838168	0,822344	0,379037	0,004726	-0,134887	-0,072765
Gjennomsnittshastighet [km/t]	0,218916	0,611305	0,866728	0,744094	0,797003	1,000000	0,966465	0,907606	0,344577	0,019195	-0,043276	-0,07336
85% frakti av hastighet [km/t]	0,258174	0,630367	0,855125	0,803332	0,838168	0,966465	1,000000	0,947835	0,341953	0,010897	0,016743	0,036647
95% frakti av hastighet [km/t]	0,238174	0,652787	0,862999	0,806858	0,822344	0,907606	0,947835	1,000000	0,36416	0,049492	0,035199	0,002913
ADT	0,119773	0,566441	0,76676	0,330664	0,379037	0,344577	0,341953	0,36416	1,000000	0,423823	-0,085325	0,153746
Antall ulykker per siste 10 år	0,116879	0,201694	-0,006646	0,011941	0,004726	0,019195	0,010897	0,049492	0,423823	1,000000	0,090863	-0,007824
nabokune	0,034591	-0,157185	-0,106214	-0,142309	-0,134887	-0,043276	0,016743	0,035199	-0,085325	0,090863	1,000000	-0,062338
Kurvevinkel [°]	-0,355361	0,018341	-0,057920	-0,002941	-0,072765	-0,07336	0,036647	0,002913	0,153746	-0,007824	-0,062338	1,000000

Figur 30 viser korrelasjon mellom de forskjellige parameterne

4.9 Resultat av enkelt hastigheter

Ser vi på de enkelte hastighetene beregnet hver for seg er det ikke Spearman Rank signifikans mellom horisontalkurvatur og hastighet ved flere av de enkelte fartsgrensene som blir presentert her.

80 km/t

Figur 31 viser at det ikke er statistisk signifikans for den enkelte hastigheten 80 km/t noe som også gjelder for hastighetene 90 og 110 når de presenteres hver for seg. Svarte verdier er forkaster da de ikke er signifikant med $p < 0,05$. Som vi ser ut av figur 30 har Rh bare signifikans mellom kurvevinkel.

Variable	Rh [m]	g
Rh [m]	1,000000	
5 høyeste gjennomsnitthastighet [km/t]	-0,032109	
Gjennomsnitt av 5 høyeste 85% fraktil [km/t]	0,089229	
Gjennomsnitt av 5 høyeste 95% fraktil [km/t]	0,109191	
Gjennomsnitthastighet [km/t]	-0,090611	
85% fraktil av hastighet [km/t]	-0,020327	
95% fraktil av hastighet [km/t]	-0,058543	
ÅDT	-0,267744	
Antall ulykker per siste 10 år	0,136365	
nabokurve	0,060523	
Kurvevinkel [°]	-0,387520	

Figur 31

90 km/t

Figur 32 viser at det ikke finnes noen korrelasjon mellom noen av hastighetsparameterne og horisontalkurvaturen for data innsamlet på veier skiltet 90 km/t.

Variable	Rh [m]
Rh [m]	1,000000
5 høyeste gjennomsnitthastighet [km/t]	0,090909
Gjennomsnitt av 5 høyeste 85% fraktil [km/t]	0,176671
Gjennomsnitt av 5 høyeste 95% fraktil [km/t]	0,083082
Gjennomsnitthastighet [km/t]	0,030303
85% fraktil av hastighet [km/t]	0,081756
95% fraktil av hastighet [km/t]	0,166983
ÅDT	0,272727
Antall ulykker per siste 10 år	0,031367
nabokurve	-0,313340
Kurvevinkel [°]	-0,364743

Figur 32

100 km/t

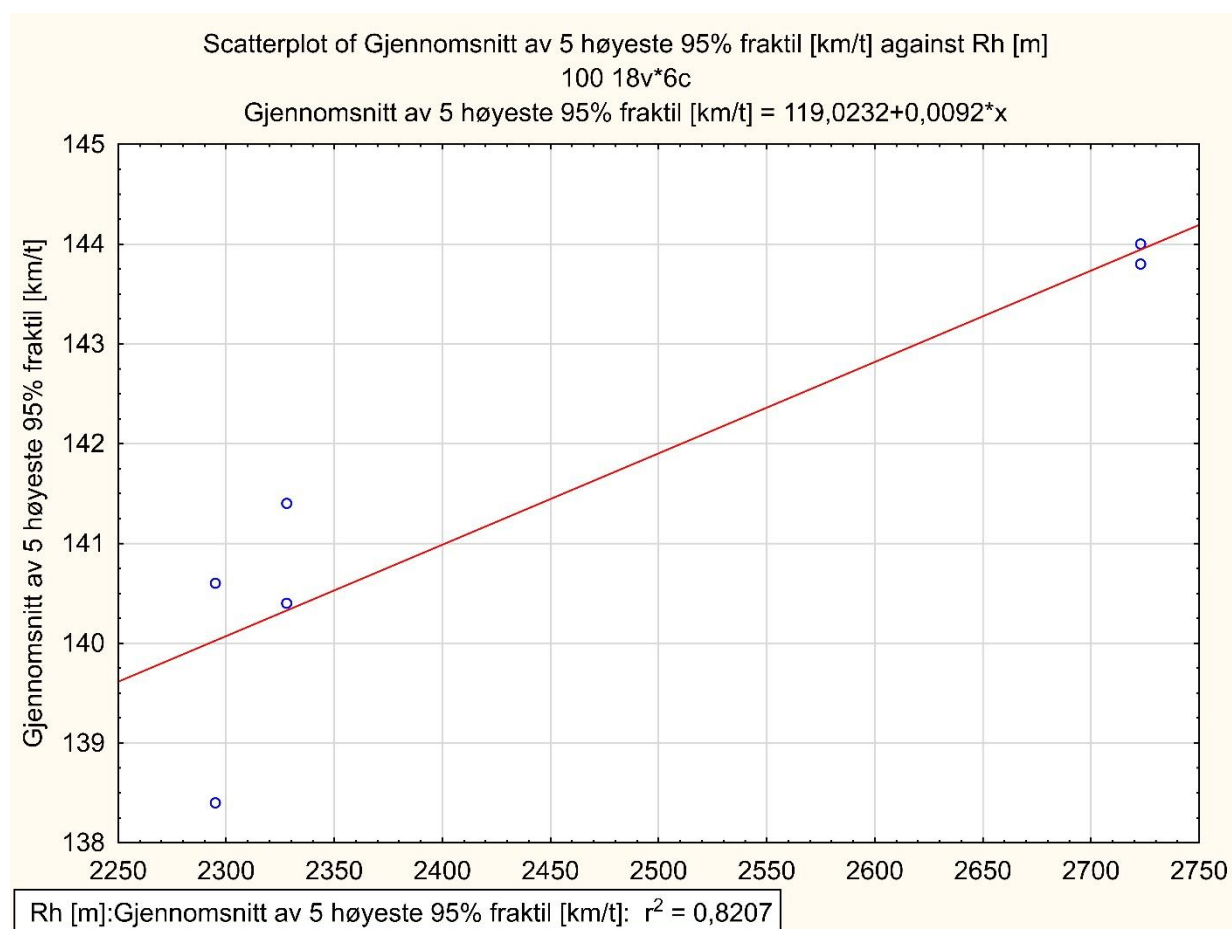
For 100 km/t er det korrelasjon mellom horisontalkurvatur og gjennomsnitt av 5 høyeste 95% fraktil og trafikkulykker (figur 33). Gjennomsnitt av 5 høyeste 95% fraktil er de 5 gjennomsnittet av de 5 høyeste timeshastighetene for to døgn sett til V95. Denne viser en korrelasjon mellom horisontalkurvatur og hastighet på 0,83666 og -0,86603 mellom trafikkulykker og horisontalkurvatur.

Variable	Rh [m]
Rh [m]	1,00000
5 høyeste gjennomsnitthastighet [km/t]	0,50000
Gjennomsnitt av 5 høyeste 85% fraktil [km/t]	0,71714
Gjennomsnitt av 5 høyeste 95% fraktil [km/t]	0,83666
Gjennomsnitthastighet [km/t]	0,35857
85% fraktil av hastighet [km/t]	0,48507
95% fraktil av hastighet [km/t]	0,35857
ÅDT	-1,00000
Antall ulykker per siste 10 år	-0,86603
nabokurve	
Kurvevinkel [°]	0,50000

Figur 33

R kvadrat for den lineære 2D-modellen er 0,8207. Dette vises av figur 34 hvor det visuelt observeres at dataene er relativt samlet rundt linjen. Selv om dette gir en god korrelasjon

statistisk sett er beregningene utført på få data og kan raskt forandre seg tilfeldig. P.g.a. dette ser vi den ikke veldig representativ.



Figur 34

110 km/t

Figur 35 viser at det ikke finnes noen korrelasjon mellom noen av hastighetsparameterne og horisontalkurvaturen for data innsamlet på veier skiltet 110 km/t. Dette resultatet forteller oss at dette ikke tilfredsstillter hypotesetest $p < 0,05$.

Variable	Spearman Rank
	Rh [m]
Rh [m]	1.000000
5 høyeste gjennomsnitthastighet [km/t]	-0.632456
Gjennomsnitt av 5 høyeste 85% fraktil [km/t]	0.243975
Gjennomsnitt av 5 høyeste 95% fraktil [km/t]	0.341565
Gjennomsnitthastighet [km/t]	-0.195180
85% fraktil av hastighet [km/t]	-0.439155
95% fraktil av hastighet [km/t]	-0.439155
ÅDT	-0.400000
Antall ulykker per siste 10 år	0.200000
nabokurve	-0.258199
Kurvevinkel [°]	-0.400000

Figur 35

5 Drøfting

For å drøfte resultatene i kapittel 4 er det de resultatene hvor det kan bygges lineære modeller som er av interesse. V85 med modulering av alle data er sett opp mot fartsprofiltillegget i V120 (2019). Dette viser at fartsprofilen stemmer bra med våre data og V120 (2019) opp til horisontalkurvatur Rh 1100. Resultatet på hver enkelt fartsgrense er det 3 fartsgrenser hvor det kan bygges en liner modell og hvor en av dem har veldig god korrelasjon. Tidligere forskning viser til at farten flater ut ved Rh 400 men at våre resultater beskriver at den allikevel fortsetter å øke lineært med horisontalkurvauren.

5.1. Diskusjon rundt resultatet

For å se hvilke beregninger av lineære modeller som er mest betydningsfulle må vi ta for oss de verdier med høyest R kvadrat som presentert i figur 36. Ved analyse av alle hastighetsparameterne ser vi at det er det «gjennomsnitt av 5 høyeste V95 og V85 som har høyest R kvadrat.

Hastighets parametere	R ² -verdi
Test av alle hastighetsparametere sammen	
Fartsgrense	0,113262
5 høyeste gjennomsnittshastighet	0,081445
Gjennomsnitt av 5 høyeste V85	0,145849
Gjennomsnitt av 5 høyeste V95	0,151865
Gjennomsnittshastighet	0,071990
V85 av hastighet	0,113305
V95 av hastighet	0,117171
Test for 80 km/t	
5 høyeste gjennomsnittshastighet	0,119513
Gjennomsnitt av 5 høyeste V95	0,137394
Test for 90 km/t	
Ingen korrelasjon for noen hastighets parameter	
Test for 100 km/t	
Gjennomsnitt av 5 høyeste V95	0,820700
Test for 110 km/t	
Ingen korrelasjon for noen hastighetsparameter	Ingen verdi

Figur 36 R kvadrat verdier for alle data

Disse ble valgt ut for å se det reelle frie fartsvalg. Vi ser allikevel at resultatet kan være svakt med tanke på at gjennomsnitt av de 5 høyeste kan være noe for lite data å modulere på. Ser vi på V85 som vi mener er den viktigste parameteren da det er dette V 120 og N100 bygger på. Hastighetsfunnene her tyder på at hastigheten for øker med 4,72 km/t for hver 1000 meter horisontalkurvatur og 0,23 km/t for hver 1000 økning i ÅDT, med en forventet hastighet på 87,24 km/t gjennom kurvaturen med overnevnte verdier. Ser vi dette i forhold til fartsprofiltillegget som er på maks 5 km/t ved en radie på 1750 (V120, 2019) og bruker leddet ax i formelen $Z=ax + by + c$ som forholder seg til horisontalkurvaturen, vil denne statistisk sett ligge på 8,26 km/t. Dette betyr at hastigheten ligger 3,26 km/t over fartsprofiltillegget, ved isolertsett på tillegg som blir tillagt på grunn av horisontalkurvaturen, hvor da andre tillegg ikke er hensyntatt. For veiklasse H3 hvor minste horisontalkurvatur starter på Rh 800 har Veidirektoratet, som utarbeider og reviderer veinormalene, valgt å ta bort ytterligere tillegg som fartsprofiltillegget i N100 (2019), da denne veistandarden har så stor horisontalkurvatur i utgangspunktet at de mener dette er unødvendig. (Randi Eggen, Veidirektoratet 2019).

Veiklasse H5 som kan sies å være veiklassen under H3 har en startkurvatur på Rh 400 og maks fartsprofiltillegg på 5 km/t ved Rh 1750 tilsvarende som H3. I veiklasse H5 er fartsprofiltillegget fortsatt aktuelt og tillegget ut ifra våre funn vil bli det samme som for H3 på 8,26 km/t og 3,26 km/t over fartsprofiltillegget, dette kan tyde på at tillegget er for lavt om vi ser på fartsprofiltillegget isolertsett, samme resultat gjelder også for veiklasse H1 som har høyest fartsprofiltillegg ved Rh 1750. Veiklasse Hø1 har en utgangskurvatur på Rh 225 og maks fartsprofiltillegg ved Rh 1000. Regnes dette ut ved hjelp av ax i formelen $Z=ax + by + c$ med modulerte data på 0,00472 og horisontalkurvatur Rh 1000 gir dette et tillegg på 4,72 km/t som tilsvarer fartsprofiltillegget i V 120 (2019). Veiklasse Hø2 har en startkurvatur på Rh 175 og største fartsprofiltillegg som Hø1 ved Rh 1000 og vil dermed gi samme resultat ved maks tillegg som ved Hø1. Figur 37 hvor det er beregnet ut nye fartsprofiltillegg for veiklassene H1, H5, Hø1 og Hø2 stemmer tilleggene relativt bra sammenlignet med figur 2 opptil Rh 1000. Først ved Rh 1100 ser vi at fartsprofiltillegget over stiger tillegget på 5 km/t sammenlignet med figur 2. Det er vert å merkes seg at våre resultater er lineære noe som også fartsprofiltillegget vil være i vårt tilfelle og kan derfor ikke dirkete sammenlignes med funksjonene i figur 2 som ligner mer på en sinusfunksjon.

Veiklasse	Hø1 og Hø2	Veiklasse	H1 og H5
Horisontalkurvatur	Beregnet tillegg	Horisontalkurvatur	Beregnet tillegg
300	1,416	300	1,416
400	1,888	400	1,888
500	2,36	500	2,36
600	2,832	600	2,832
700	3,304	700	3,304
800	3,776	800	3,776
900	4,248	900	4,248
1000	4,72	1000	4,72
		1100	5,192
		1200	5,664
		1300	6,136
		1400	6,608
		1500	7,08
		1600	7,552
		1700	8,024
		1750	8,26

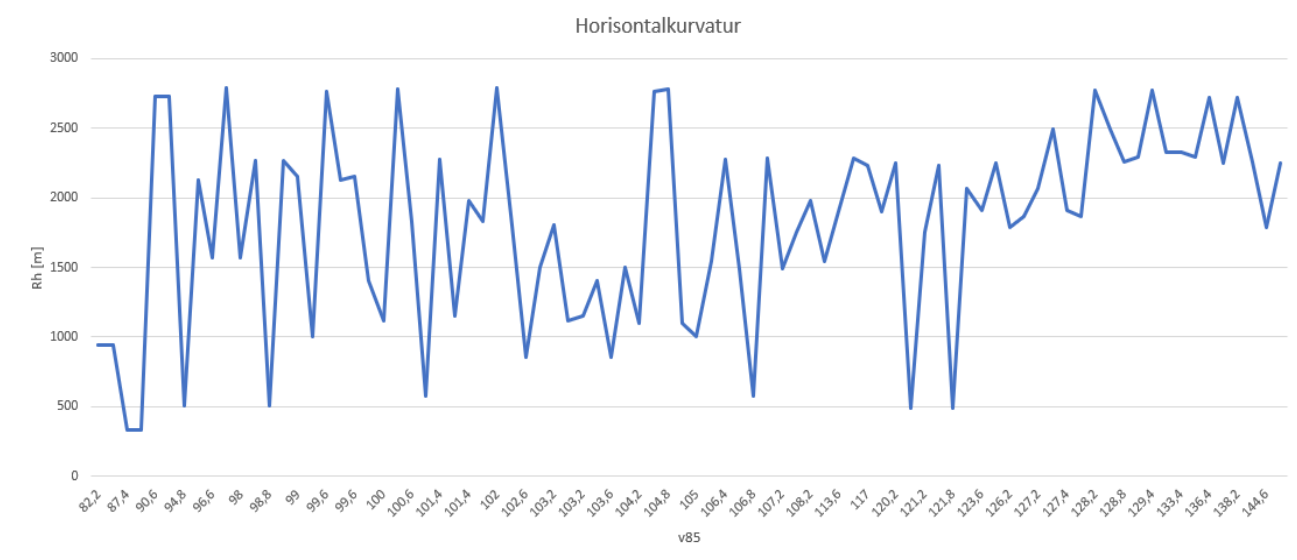
Figur 37 Utregnede fartsprofiltillegg

Resultatet for gjennomsnittshastighet kan være noe uforutsigbare da bare noe få ekstreme lave eller høye hastigheter kan gjøre store utslag.

Går vi videre og ser på hvert enkelte hastighetsparametere hver for viser dette seg dårlige resultater for Spearman rank og det er 3 hastighetsparameteren hvor det lar seg bygge en lineær modell. 2 av disse har dårlige R kvadrat hvor av «gjennomsnitt av 5 høyeste» for V95 med fartsgrense 100 km/t har veldig god R-kvadrat verdi. Uansett er der her modellert på veldig få data som kan beskrive at resultatet fort kan forandre seg ved målinger av flere døgn.

Våre data omhandler kun data for 2 tilfeldige døgn, og vi ser med fordel om at det burde ha vært hentet data fra mange flere døgn, i håp om at dette kunne økt korrelasjonen og R kvadrat mellom hastigheten og horisontalkurvaturen. Ser vi bort i fra dårlige resultater på R kvadrat og ser på hastighetsfunnene, øker hastigheten for V85 jevnt med økende horisontalkurvatur og økning i ÅDT. Flesteparten av dataene vi har innhentet er fra store nasjonale 4 felts veger, hvor de fleste nivå 1 målere befinner seg, med stor ÅDT etter veiklasse H1-H3-H5 (*HB N100 Statens vegvesen, 2019*). Disse veiklassene kan ofte oppleves som oversiktlige og trafikksikre veger og er i mange tilfeller utformet med stor horisontalkurvatur. Noe som kan støtteoppunder at i HB N100 (*Statens vegvesen, 2019*) er det valgt bort ytterligere tillegg som fartsprofiltillegg for veiklasse H3. Disse veiklassene gir de store horisontalkurvaturer vi har søkt i oppgaven. For å finne dataene har vi brukt alle målestasjoner som er tilgjengelige på nivå 1 som passer vår

problemstilling. Figur 37 er grafisk fremstilling av målte V85 av alle data uten modulering. Her kan det betraktes hvordan V85 som er økende langs x-aksen fordeler seg etter kurvaturen. Det ser ut til at det er relativ stor spredning i hastighetene som forholder seg til horisontalkurvaturen men at de aller største hastighetene begynner å vise ved horisontalkurvatur R_h 2000. Dette kan bekrefte påstanden som står beskrevet i V120 «Erfaringsmessig tar bilistene ut mer fart ved bedre vegstandard. Derfor er det i dimensjoneringsklassene i håndbok N100 Veg- og gateutforming lagt inn et fartsprofiltillegg for å kompensere for økt fart ved økende horisontalkurveradius». (V120, 2019)



Figur 38

5.2. Våre resultater opp mot tidligere forskning

Sakshaug og Hjellkrem beskriver at farten øker betydelig mellom R_h 50 m til og med R_h 400 m (Sakshaug og Hjellkrem, 2009). Videre beskriver at farten flater ut ved R_h 400 m og de mener at farten ved R_h 400 meter tilsvarer hastigheter som velges på rettstrekninger (Sakshaug og Hjellkrem, 2009). De har i sin rapport sammenlignet egne resultater med resultater fra Sveits (Spacek og Belopitov, 1999) og New Zealand (Turner og Tate) og finner at dette sammenfaller med resultatene de har funnet i Norge. Det er ikke beskrevet hvilken metode de har brukt men våre statistiske beregninger viser at farten øker jevnt pr R_h 1000 meter, som er naturlig når resultatet er lineært. Slår vi sammen disse to resultatene viser det at hastigheten øker mest mellom endringer i mindre horisontalkurvaturer men våre resultater viser at farten også øker

ved større horisontalkurvaturer som kan betraktes ved å sette tall for kurvatur og ÅDT inn i formelen $Z=ax + by + c$.

Sakshaug og Hjellkrem (*Sakshaug og Hjellkrem, 2009*) har sett på ulykkesrisiko og sammenheng mellom $R_h < 40$ meter til $R_h 500$ m og funnet ut at R_h mellom 50 og 70 meter har størst ulykkesrisiko. Resultatene til Sakshaug og Hjellkrem (*Sakshaug og Hjellkrem, 2009*) beskriver også at ved $R_h 400$ meter er ulykkesrisikoen tilnærmet lik for rettstrekninger. Dette kan stemme overens med våre resultater da vi ikke finner korrelasjon mellom ulykker og større horisontalkurvatur og som beskriver at «*Det beste for trafiksikkerheten synes å være en vei med slake kurver, men med forbikjøringssikt*» (*Elvik, Erke m. fl. 2009*). Vi kan si at våre funn indikerer at hastigheten øker ved større horisontalkurvatur, uten at dette påvirker ulykkesfrekvensen.

6 Konklusjon

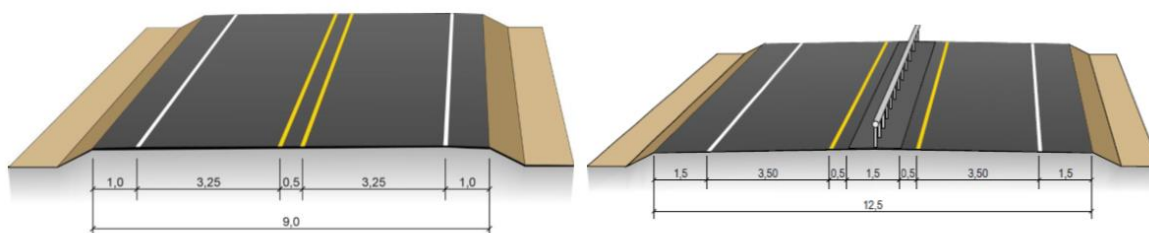
Konklusjonene viser at hastigheten øker med økende horisontalkurvatur og økende ÅDT. Det bør vurderes å se på om fartsprofiltillegget er tilstrekkelig stort nok over Rh 1100. I videre forskning bør det sees på fylkesveger som ofte kan ha lavere standard enn nasjonale hovedveger for å vurdere hvordan den reelle fartsbruken utvikler seg på disse vegene.

6.1. Konklusjon

Ut ifra de beregnede resultatene og visuellanalyse av hastighetsdataene i databasen kan det se ut til at hastighet påvirkes av stor horisontalkurvatur. Ser vi til kapittel 1.1 og figur 1 hentet fra HB V120 er farten den viktigste grunnparameteren og i tillegg er det 27 andre parametere som er med på utformingen av vegen. I HB N100 stilles det i tillegg krav til ÅDT ved valg av veiklasse som baserer seg på veibredder etter ÅDT (*figur 39*). Varierende veibredde etter ÅDT er en nødvendighet for å skille kjørefeltene fysisk og for å ivareta forbikjøring. Samtidig øker trafikksikkerhetsbilde som gjøre det mulig å øke fartsgrensene som igjen kan være av samfunnsøkonomisk nytte. Ser vi på våre funn viser dette at det er sammenheng mellom hastighet og ÅDT, hvor V85 stiger med 0,472 km/t for hver 1 000 økning i ÅDT.

H1 – Nasjonal hovedveg, ÅDT < 6 000 og fartsgrense 80 km/t

H5 – Nasjonal hovedveg, ÅDT 6 000 - 12 000 og fartsgrense 90 km/t



Figur 39 Forskjellige veibredder etter ÅDT og hastighet (fra HB N100, 2019)

Som nevnt tidligere er alle dimensjoneringsklasser i henhold til V85 i HB V120, som er overført til HB N100, hvilket tilsier at klassene skal dekke 85% av alle tilfeller. Nå viser ikke våre modeller at det er god lineær sammenheng mellom alle dataene, men som beskrevet tidligere tenkes det at resultatene kan vise noe bedre R kvadrat ved modulering av flere data. Denne tendensen sees ut ifra at vi får bedre/flere korrelasjoner det lar seg bygge lineære modeller på ved modulering av alle data. Type data som det moduleres på ved Lineære modeller kan ha betydning for resultatet. Poenget med lineære modeller er å ha type variabler med ulik natur som kan passe til horisontal kurvatur og hastighet. Met dette mens at hastighet

er tilfeldig og vil variere mens horisontalkurvaturen er fast. Det må også betraktes at våre modulerte data er gjort på flere forskjellige veiklasser og fartsgrenser fra 80 km/t til og med 110 km/t. Hovedfokuset i oppgaven var å se på hastigheter som velges i store horisontalkurveradier, og det er ikke lagt vekt på hvilken veiklasse disse tilhører. Dette kan uansett være noe å ta med seg i videre forskning for mulig å vurdere hastighet etter horisontalkurveradier delt inn i veiklasser.

Ser vi på de statistiske beregningene er det i USA gjort forsøk på å finne gode beregningsmodeller for strekninger med stor kurveradier/rettstrekninger, hvor føreren antas å bruke fritt fartsvalg (*Fitzpatrick, Elefteriadou m. fl 2000*). Sakshaug og Hjelkrem har sett på dette og mener at «*Det kan tenkes at fartsnivået øker etter hvor lenge en bilfører har kjørt på en veg med meget god geometrisk standard med mulighet for valg av høy kjørefart*» videre mener de at det ikke finnes beregningsmodeller som tar hensyn til dette (Sakshaug og Hjelkrem, 2009). Hadde våre beregninger vist lineær sammenheng mellom korrelasjonene, kunne kanskje formelen $Z=ax + by + c$ blitt brukt for en statistisk tilnærmet forventet valg av hastighet. Som tidligere nevnt er det vert et forsøk å samle inn mye mer fartsdata for undersøke om dette kan gå i retning en lineær modell hvor formelen $Z=ax + by + c$ kan bli mer anvendbar. Våre erfaringer i denne analysen er at beregningene blir bedre ved analyse på flere data.

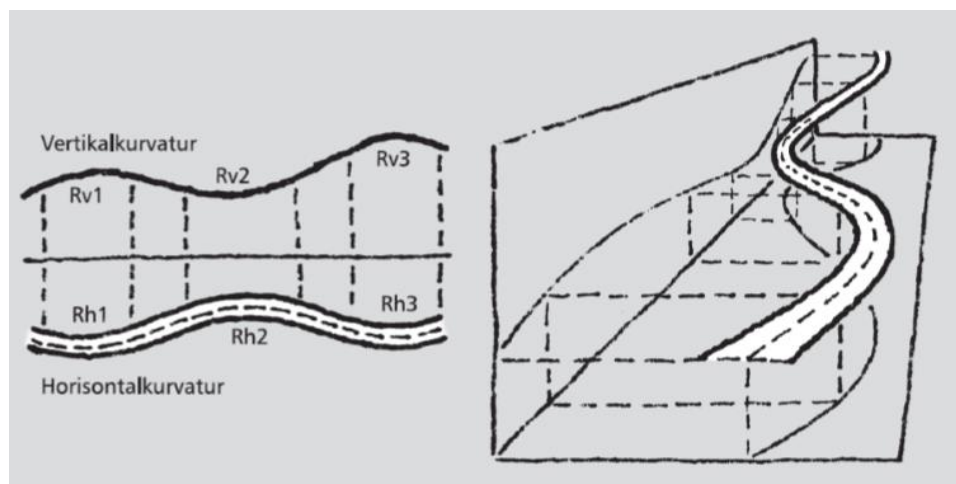
6.2 Videre forskning

Selv med noe svake resultater statistisk sett viser denne oppgaven at bilistene har en tendens til å hente ut mer fart når vegen og omgivelsene innbyr til dette. TØI sier «*Ulykkesrisikoen er langt lavere på motorveger enn på andre veger, til tross for høyere fartsgrense og høyere fart. Siden motorveger som regel medfører økt trafikk, er det totale antall ulykker ikke nødvendigvis lavere enn på andre veger, men empiriske studier viser likevel at motorveger har færre drepte og hardt skadde enn andre veger, til tross for høyere trafikkmengde.*» (TØI, 2017).

Det ser ikke ut til at stor horisontalkurvatur har stor betydning for trafikksikkerheten på de nasjonale veiklasser med stor ÅDT. Det kan sees ut ifra databasen (vedlegg 1) at de fleste veier vi har fått data fra er fra nasjonale hovedveger som E6, E18, EV6, EV16 osv.

Ved videre forskning på dette temaet bør det samles inn flere hastighetsdata fra 2 felts fylkesveger som er majoriteten av veinettet i Norge, for å kartlegge hvordan fartsvalget fordeler seg i store horisontalkurvaturer. Det kan være viktig for trafikksikkerheten, da fylkesvegene ofte har en lavere veiklasse med færre sikkerhetsmarginer en ved nasjonal vegstandard. Som utdrag fra rapporten over beskriver at «*motorveger har færre drepte og hardt skadde enn andre veger, til tross for høyere trafikkmengde.*» (TØI, 2017). Tolkes det dit hen at andre veger er

fylkesveger, bør fartsvalget her kartlegges og vurderes om dette har sammenheng med store horisontalkurvaturer eller eventuelt andre årsaker. Samtidig kan det tenkes at en dårligere veistandard innbyr til noe lavere fartsvalg.



Figur 40 Romkurvatur V120, 2019

Figur 40 beskriver hvordan veiens linjeføring bør falle sammen. Det kan antas at de fleste nasjonale hovedveger med stor ÅDT har denne ideelle kurvaturen som bidrar til en trafiksikker og oversiktlig veg, har majoriteten av fylkesvegene denne ideelle kurvaturen? Og hvordan påvirker dette fartsvalget når denne eventuelt ikke er til stede? Ved videre forskning bør det sees på om fartsprofiltillegget er tilstrekkelig for kurvaturer over Rh 1100. Tatt våre resultater i betraktning forutsetter dette en lineær utvikling av fartsprofiltillegget noe som kan bli for mye ved virkelig store kurvaturer. Uansett kan det se ut til at fartsprofiltillegget i figur 2 som flater ut ved ett tillegg på 5 km/t kan være noe lavt for kurvaturer over Rh 1100.

Referanser

ANIMA Statistikk & Analyser, 2019

Brede Fagerheim Giluus, Valg av fart, 2017

Elvik, Ekre m.fl Trafikksikkerhetshåndboken, 2009

https://tsh.toi.no/doc627.htm#anchor_21782-61

Elvik, Høye, Sørensen og Vaa, Trafikksikkerhetshåndboken, TØI, 2012

<https://tsh.toi.no/files/trafikksikkerhetshandboken.pdf>

Elvik, Høye, Sørensen og Vaa, Trafikksikkerhetshåndboken, TØI, 2014

<https://tsh.toi.no/doc618.htm>

Elvik Speed Limits, Enforcements, and Health Consequences, 2012

Fitzpatrick, Kay, Elefteriadou, Lily m. fl. . *Speed prediction for two-lane rural highways*.

Office of Safety Research and Development, Federal Highway Administration. 2000

Lineære modeller, <http://folk.ntnu.no/eiriksko/Medstat09/GenLineMod09.pdf>,

NVDB, Norsk vegdatabank, 2019

NTNU Trondheim Vegbygging forelesningsnotater

Pearson, Pearson Hypotese-test, 1896

P Richter, T Wagner, R Heger, G Weise - Ergonomics, Taylor & Francis Psychophysiological analysis of mental load during driving on rural roads-a quasi-experimental field study, 199

Sakshaug Kristian og Hjelkrem Odd, SINTEF Linjeføringens betydning for fartsvalg og ulykkes- og skaderisiko på vegstrekninger – Litteraturstudium og bearbeiding av datamateriale fra tidligere undersøkelser, 2009

Spacek, P. og Belopitov, I.: *Geschwindigkeiten in Kurven*. Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT), Eidgenössische Technische Hochschule Zürich (ETH). Zürich: VSSForschungsauftrag no 1/96. 1999

Statens Vegvesen, Null drepte og hardt skadde -fra visjon mot virkelighet :rapport 119, 2012

Trafikkdata, Statens Vegvesen, 2019

Trygg Trafikk, 2019

<https://www.tryggtrafikk.no/fart/>

Turner, Shane og Tate, Fergus: *Relationship between Road Geometry, Observed Travel Speed and Rural Accidents*. New Zealand Transport Agency Research Report No 371. 2009

Vegdirektoratet, Håndbok N100 Veg- og gateutforming, 2014

Vegdirektoratet, Håndbok N100 Veg- og gateutforming, 2019

Vegdirektoratet, Håndbok V120 Premisser for geometrisk utforming av veger, 2019

Vegdirektoratet, Håndbok V714 Veileder i trafikkdata, 2011

VTI, Vägtrafikens hastigheter, 2012

https://www.vti.se/sv/Publikationer/Publikation/vagtrafikens-hastigheter_669257

Wolf og Ghilani. Elementær undersøkelse, 11. utg., 2006

Vedlegg

Vedlegg 1: Database

Vedlegg 2: Forslag til problemstilling for masteroppgaven i

Vedlegg 3: Teori om lineære modeller

Vedlegg 1: Database

Dato	Veg nr	HP	KM	Tøllpunkt	Rh [m]	fartsgrense [km/t]	målt hastighet gjennomsnitt [km/t]	målt hastighet 85% fraktll [km/t]	målt hastighet 95% fraktll [km/t]	målt hastighet gjennomsnitt av tilfeldighet [km/t]	målt hastighet 85% fraktll [km/t] tilfeldig	målt hastighet 95% fraktll [km/t] tilfeldig	ÅDT	Ulykker, per siste 10år	nabokurve JA/NEI	Kurvevinkel [°]
Akershus																
5/23/2018	EV. 6	13	2349	209900	2259	110	93.2	128.8	134.8	89	99	105	15891	0	NEI	49
5/26/2018								143.6	147.2	94	103	108				
5/23/2018	EV. 6	12	3781	200022	2247	110	110.6	137.6	145.8	108	120	126	20972	2	JA	31
5/26/2018								148	154	113	124	131				
5/23/2018	EV. 18	12	380	200127	1897	90	91	113.6	122.4	90	99	105	48946	8	JA	18
5/26/2018								119	124.4	92	101	107				
5/23/2018	EV. 6	11	6721	200153	2498	110	91.5	127.4	140.2	85	97	103	43674	5	JA	13
5/26/2018								128.6	137.4	98	108	114				
5/23/2018	EV. 6	10	4000	200200	2064	110	93.2	127.2	131.6	88	100	106	59666	3	JA	41
5/26/2018								122.2	129.8	96	109	115				
5/23/2018	EV. 6	3	1900	200206	2233	90	73.2	117	122.2	65	75	80	32712	4	NEI	14
5/26/2018								121.8	128.2	75	84	90				
5/23/2018	EV. 6	2	10320	200232	2247	90	93.7	123.8	133.6	89	99	105	20525	0	NEI	54
5/26/2018				Tunnel, Smihagen				120.2	128.2	89	98	104				
5/23/2018	EV. 6	1	1960	200246	2295	100	106.7	129	138.4	101	113	120	34630	5	JA	16
5/26/2018								134.6	140.6	109	119	126				
5/23/2018	EV. 16	4	8908	209634	1910	90	100.3	127.4	135.8	95	103	109	10990	1	JA	23
5/26/2018								123.6	132.2	93	102	108				
5/23/2018	EV. 16	51	1531	209665	1870	90	95.9	127.8	135.6	87	95	102	14093	1	JA	16
5/26/2018				Tunnel, Skul				126.6	138.8	86	105	113				
Hedmark																
3/19/2018	Rv. 2	7	699	400007	1494	80	84	106.8	115.8	83	92	96	3000	1	JA	38
5/26/2018								107.2	112.2	84	94	100				
5/23/2018	Rv. 2	13	3424	400009	854	80	85	102.6	111.8	85	94	99	3500	0	JA	14
5/26/2018								103.6	114.6	86	94	101				
5/23/2018	Rv. 2	4	2003	400110	1802	80	84	102.2	112	82	89	9000	1	NEI	28	
5/26/2018								103.2	112.2	85	94	101				
5/23/2018	Rv. 2	8	9400	400116	1756	80	83	107.4	116.6	82	94	101	3600	0	JA	21
5/26/2018								121.2	131	83	96	105				
5/23/2018	Rv. 2	10	6730	400117	1116	80	79	100	105.8	78	89	95	4100	0	JA	75
5/26/2018								103.2	116.4	79	90	97				
5/23/2018	Rv. 3	9	30024	400122	503	80	82	94.8	107.2	82	89	94	6100	1	JA	14
5/26/2018								98.8	110.8	82	90	97				
5/23/2018	Rv. 2	2	5510	400217	573	80	84	101.4	110.6	84	92	96	6400	1	JA	42
5/26/2018								106.8	117.6	85	95	102				
5/23/2018	Rv. 3	15	19910	400004	1828	80	81	100.6	110.8	81	90	96	3800	2	JA	32
5/26/2018								102	109	82	91	97				
5/23/2018	Rv. 25	3	9675	400005	2732	80	70	90.6	96.8	69	82	87	5000	4	JA	19
5/26/2018								91	100.4	70	83	88				
5/23/2018	Rv. 3	13	8470	400013	1546	80	87	105.2	121	86	94	103	2300	2	JA	13
5/26/2018								112.4	122.8	88	96	105				
5/23/2018	Rv. 25	5	1	400018	2794	80	81	98	105.2	79	90	94	2750	4	JA	41
5/26/2018								102	108.6	79	88	93				
5/23/2018	EV. 6	2	1325	400019	2328	100	96	132	140.4	87	97	104	13500	0	JA	12
5/26/2018								133.4	141.4	106	116	122				
5/23/2018	EV. 16	3	5180	400021	1791	90	98	126.2	140	92	100	105	6500	1	NEI	55
5/26/2018								144.6	156.8	92	99	105				
30.05.2018	Rv. 3	17	20590	400088	2766	80	85	99.6	115.4	85	92	97	2100	0	JA	1
02.06.2018								104.4	117.4	85	94	100				
5/23/2018	Rv. 25	7	8680	400144	1005	80	76	105	109	63	72	75	450	0	JA	27
5/26/2018								99.4	107	54	61	64				
5/23/2018	EV. 16	7	3510	400167	2288	80	83	116.6	120.4	80	91	96	750	1	JA	24
5/26/2018								107	111.4	79	90	94				
5/23/2018	EV. 6	5	7250	400215	1568	80	82	98	106.8	81	88	93	16000	1	NEI	35
5/26/2018								96.6	106	82	89	95				
5/23/2018	EV. 16	5	1586	400220	2276	80	79	106.4	117.6	78	88	94	18500	0	JA	19
5/26/2018								101.4	115.8	80	90	97				
5/23/2018	Rv. 3	18	13200	400231	1503	80	84	102.6	116.6	83	89	96	2100	2	NEI	14
5/26/2018								103.6	115	84	93	100				
5/23/2018	EV. 6	1	6300	400797	2723	100	111	138.2	144	107	119	125	1300	0	JA	23
5/26/2018								136.4	143.8	112	122	128				
5/23/2018	EV. 16	2	5240	400003	2774	90	101	128.2	138.4	94	103	109	10300	1	NEI	2
5/26/2018								129.4	152.8	96	105	112				
Oppland																
5/23/2018	EV. 136	5	11641	500110	2785	80	83	100.2	105.4	83	90	95	1813	0	JA	1
5/26/2018								104.8	120	83	92	97				
5/23/2018	EV. 6	2	1020	500513	2270	80	81	98.8	108.4	81	87	93	13360	3	JA	11
5/26/2018								98.2	107.4	81	88	93				
5/23/2018	EV. 16	19	6989	500756	1147	80	86	101.4	111.8	86	94	101	6227	0	JA	24
5/26/2018								103.2	115.4	86	94	101				
Nordland																
5/23/2018	EV. 6	22	429	1800002	2126	80	79	96.4	104.2	78	87	92	4080	0	JA	4
5/26/2018								99.6	111.4	80	89	95				
5/23/2018	Rv. 77	2	11613	1800009	1096	90	86	104.8	110.8	65	73	75	432	0	NEI	15
5/26/2018								104.2	110.8	73	79	82				
Trøndelag																
5/23/2018	EV. 39	3	1601	1600144	1404	80	83	99.8	107.4	82	90	95	3960	1	NEI	16
5/26/2018								103.2	113.4	84	92	99				
5/23/2018	EV. 6	15	13502	1601434	942	80	74	82.2	85.8	74	79	82	17800	2	JA	41
5/26/2018								82.6	84.6	74	79	82				
5/23/2018	EV. 6	8	1859	1601440	1977	90	88	108.2	110	59	62	114	11300	3	JA	16
5/26/2018								101.4	117.2	57	68	86				
5/23/2018	EV. 6	8	6203	1601441	487	90	95	120.4	129.4	93	100	107	13420	2	JA	37
5/26/2018								121.8	130.2	93	101	107				
Hordaland																
5/23/2018	EV. 39	3	1801	1200018	330	80	75.2	87.4	92.6	74	81	86	5600	1	JA	73
5/26/2018								89	97.2	75	82	87				
Møre og Romsdal																

Vedlegg 2 Forslag til problemstilling for Masteroppgaven

Forslag til problemstilling for masteroppgaven i erfaringsbasert masterprogram i veg og jernbane

Navn på student, kontaktinfo (epost, mobil)

Fredrik Robertsson. fredrik.robertsson@vegvesen.no Tlf: 476 71 362

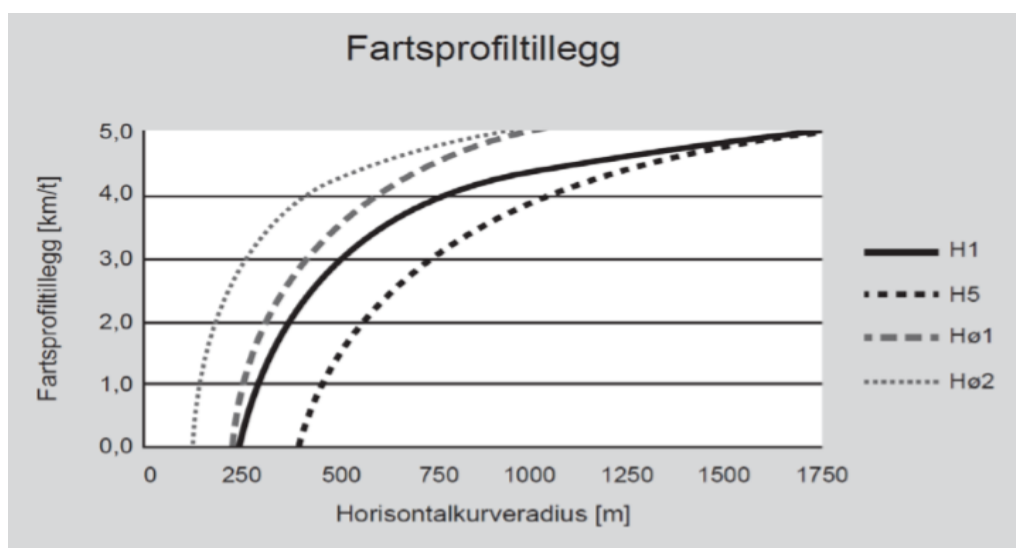
Tommy Skjærbekk. tommy.skjarbekk@vegvesen.no Tlf: 970 37 687

Status innenfor feltet i dag, nasjonalt og internasjonalt

Det er gjennom normaler åpnet for å øke mange av linjeføringsparametere fra minste/makskrav på horisontalkurveradier.

Det antas da, at hastigheten vil øke ved valg av vesentlig større horisontalkurvatur enn minimumsverdien beskrevet i N100. Det finnes studier fra bland annet Sveits og New Zealand som beskriver konsekvenser av høy fart og hvordan det kjøres i henhold til fartsgrensen (Sakshaug og Hjelkrem, 2009). Det er ikke utført studier nasjonalt på hvordan hastigheten utvikler seg ved valg av vesentlig større horisontalkurvatur, i åpne landlige områder og hvordan dette påvirker trafikksikkerheten. Nabokurve kravet sammen med hastigheten er grunnlagsparametere for beregning av horisontalkurvaturen og det blir det blant annet lagt til et fartsprofiltillegg for å kompensere for at bilistene med sannsynlighet velger å øke farten. Fartsprofiltillegget varierer mellom 0 og 5 km/t og øker i dette intervallet ved valg av større horisontalkurvatur. Det er derfor naturlig at vi tar denne i betraktning ved vår analyse, for

eventuelt å bevise om fartsprofiltillegget utgjør den funksjonen den er satt til. Figur V2.1 under fra håndbok V120 viser hvordan fartstillegget øker med hensyn til økende horisontalkurvatur.



Figur V2.1 Bruk av fartsprofiltillegg, Håndbok V120 (Statens vegvesen, 2019).

Forskningsspørsmålet som skal besvares med eventuelle underspørsmål.

Grunnleggende forskningsspørsmål vil derfor være: Hva er konsekvens ved å bruke vesentlig høyere horisontalkurveradier enn minimum, særlig i kombinasjon med flatt område utenfor tettbygd strøk med fokus på analyse av fart og TS forhold. For eventuelt å se om det er noen strekninger som skiller seg ut som ulykkes strekninger og om dette kan ha sammenheng med kurvaturen.

Vi vil også se på hvordan fartsprofiltillegget påvirker kurvaturen. Som nevnt tidligere vil fartsprofiltillegget ligge på opptil 5 km/t for store radier, som en sikkerhetsfunksjon. Dekker dagens fartsprofiltillegg den antatte fartsovertredelsen og den faktiske fartsbruken.

Kan vi bevise at det er større eller mindre ulykkespotensialet ved store kurvaturer. Dette må også sees i sammenheng med rette strekninger før og etter og nabokurvaturen. Det antas at kurvaturen før og etter store horisontalkurvaturer vil ha betydning for valg av hastighet. For å kunne gi et godt bilde på om åpne landlige områder med store horisontalkurvatur er det viktig å se på veiens rom. Er store kurvaturer i seg selv som innbyr til høyre hastighet og hvordan påvirkes valg av hastighet om oppfatning av sideterrenget. Det vil også være interessant og se om det velges høyre hastighet med strekninger som har store horisontalkurvaturer som er designet som møtefire veger, enten med midtrekkverk eller 4 felts veger. For eventuelt å se en parallell opp mot 2 felts veger ut midtdeler.

Metodebeskrivelse. Med det menes som eksempel om du skal bruke lab, intervju, statistiske analyser eller simuleringer.

Som beskrevet over ønsker vi å kartlegge hvilken hastighet føreren av et kjøretøy velger å bruke når vegen er utformet med høyere horisontalkurveradier enn minimum i flatområde utenfor tettbygd strøk og hvordan dette kan påvirke trafikksikkerheten.

For å få til dette trenger vi å samle relevant data ut ifra en kravliste som vi lager før bearbeiding av dataen.

Kravliste

- Vær: Minimere at fartsvalget påvirkes av ytre værforhold, derfor hentes data inn mellom månedene mai og september.
- Det skal være åpne sideterreng, derfor velger vi bort data fra f.eks. målestasjoner i tunnel.
- Vi ser kun på data fra målestasjoner utenfor tettbygd strøk.
- I utgangspunktet ser vi kun på målestasjoner på vegstrekninger skiltet 80 km/t eller høyere.
- Vi ser på strekninger med og uten midtrekkverk.

Vi henter data fra målestasjoner som er plassert langs Norges Europa-, riks- og fylkesveger som blant annet måler hastighet på kjøretøy som passerer.

Metoder for å finne svar på problemstillingen er innsamling av hastighetsdata fra Statens vegvesen i.h.t spesifisert kravliste som beskriver hvilken data som er relevant for å kunne besvare problemstillingen. Det er viktig med en kravliste for å ha mulighet til å plukke ut de riktige hastighetene og for at denne skal kunne eventuelt etterprøves i videre studier. Det bli opparbeidet en database som beskriver R_h , fartsgrense, målt hastighet (85-fraktil alt 95-fraktil), ÅDT, ulykker, tverrprofil og nabokurve på en lang rekke kurver i Norge. Metoden skal med andre ord være etterprøvbart.

Hva forventer man vi av resultatet

Forventningen er at sammenstillingen av fartsdata fra aktuelle målestasjoner kommer til å bekrefte teorien om økende hastighet med slakere kurvatur i et åpent landskap.

Beskrivelse av praktiske hensyn som om det skal brukes lab, og om dette er ved eget arbeidssted oppgaven skal skrives.

Oppgaven skrives ved eget arbeidssted og vi har ikke behov for lab ved NTNU.

Trengs det ressurser fra arbeidsgiver? For eksempel, støtte til labtester, støtte fra andre avdelinger på eget arbeidssted osv.

Vi kommer til å bruke trafikkdata som er en egen avdeling i SVV, som er positive til å hjelpe oss.

Det kan være aktuelt og leie en mobil målestasjon fra Statens vegvesen, om vi finner strekninger som interessante der hvor det ikke finnes representative fastmonterte målestasjoner.

Eventuelt ønske om veileder

Vi har avtalt med Kelly fra NTNU og Arek Zielinkiewicz fra Statens vegvesen.

Vedlegg 3: Teori om lineære modeller

GLM ble utviklet på 1800 tallet av blant annet matematikerne (Gauss og Boole), hvor teorien baserer seg på algebraisk invarians som går ut på å identifisere størrelsen i et likningssett som forblir uendret under lineære transformasjon av de variable. Et eksempel på dette er at korrelasjonen mellom to variabler forblir uforandret ved en linear transformasjon av begge variablene.

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_k x_{ik} + \varepsilon_i$$

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ er parametere, regresjonskoeffisienter i regresjon
 $x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ik}$ er gitte, kjente størrelser, binære eller kvantitative
 ε_i er uavhengige $N(0, \sigma^2)$
 $i = 1, 2, \dots, n$

GLM kan ses på som en generalisering av multippel lineær regresjon. Multippel lineær regresjon er en utvidelse av en enkel lineær regresjon ved at det er flere enn en regresjon, eller sagt på en annen måte er det sammenhengen mellom en avhengig variabel og en eller flere uavhengige variabler, kan også kalles prediktor. I vårt tilfelle vil eksempelvis en uavhengig variabel være hastighet og en avhengig variabel være horisontalkurvatur. ε_i kan beskrives som et støyledd og skal ha samme fordeling og vi kunne derfor ha satt $\varepsilon_i = \varepsilon$ for alle i .

Modellen ovenfor er generell og er basis for alle GML modeller. Etter som ε har en forventet null verdi kan formelen skrives som

$$E[y | x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ik}] = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_k x_{ik}$$

Dette er et hyperplan i det $(k+1)$ dimensjonale rom, eller det vil si at det er en rett linje i et 2-dimensjonalt plan for $k=1$ og et plan for det 3-dimensjonale rom for $k=2$ osv.

Linearitetskravet ligger på ligger på regresjonskoeffisientene og ikke på regressorene. Dette fører til en modell som $y = \beta_0 + \beta_1 x + \varepsilon$ også er en lineær selv om det er en krum

forventningslinje i x - y planet. Hvis $x^2 = z$ for vi modellen $Y = \beta_0 + \beta_1 z + \varepsilon$ som skaper en rett linje i z - y planet ved enkel lineær regresjon. Det kan vises at en modell som $y = \exp(\beta_0 + \beta_1 x + \varepsilon)$ kan overføres på lineærform ved logaritmisk transformasjon mens modellen $Y = \beta_0 + x\beta_1 + \varepsilon$ ikke er lineær.

Regresjonskoeffisientene, eller parameterne $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$ blir estimert ved minste kvadratsums metode og er forventingsrettede uten hensyn til sannsynlighetsfordelinger. Estimeringen i en regresjonsanalyse består av å bestemme regresjonskoeffisientene slik at kvadratsummen av differensene mellom observert og responsen y og forventet \bar{y} blir minimert.

r^2 beskriver hvor godt resultatet er tilpasset modellen. r^2 er kvadratet av Pearsons korrelasjonskoeffisient

$$r = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 \sum (y - \bar{y})^2}}$$

r^2 er et mål på andelen av 2 variasjoner i verdiene av en avhengig variabel som kan forklares ved regresjonslinjen (*Pearson 1896*). r^2 har verdiområdet mellom $<0; 1>$. Hvis eks $r^2 = 0.65$ betyr dette at 65% av variasjonen i y kan forklares ved regresjonslinjen $1 - r^2$. Kvadratet av korrelasjonen forklarer dermed hvor stor % av variasjonen som skyldes minste kvadratets regresjon av y på x .

