

3D-visualisering av vegprosjekter med trafikkmodeller, 3ds Max 2016 og AIMSUN

**Sebastian Nikolai
Torstenson**

Bygg- og miljøteknikk

Innlevert: juni 2016

Hovedveileder: Arvid Aakre, BAT

Medveileder: Thomas Jenssen, Multiconsult
Jo Skjeremo, IDI

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for bygg, anlegg og transport



Oppgavens tittel: 3D-visualisering av vegprosjekter med trafikkmodeller, 3ds Max 2016 og AIMSUN	Dato: 10.06.16
	Antall sider (inkl. bilag): 139
	Masteroppgave <input checked="" type="checkbox"/> Prosjektoppgave <input type="checkbox"/>
Navn: Sebastian Nikolai Torstenson	
Faglærer/veileder: Arvid Aakre	
Eventuelle eksterne faglige kontakter/veiledere: Thomas Jenssen (Multiconsult) og Jo Skjerme (SINTEF)	

Ekstrakt:

Denne masteroppgaven ser på mulighetene knyttet til en kombinert bruk av programvare for 3D-visualisering og trafikkmodellering. Autodesk 3ds Max og TSS AIMSUN skal brukes i håp om å fremstille et mer helhetlig bilde av fremtidige vegprosjekter i Norge. Basert både på intervjuer og egne erfaringer, er det tydelig at det ligger et potensiale i å kunne vise animasjoner av vegprosjekter med økt realisme i forhold til det man ser i dag. Målet er å gi beslutningstaker og spesielt de med mindre teknisk innsikt, et bedre grunnlag for sine valg.

Enkelte aktører har allerede brukt lignende oppsett som foreslås i denne oppgaven, men omfanget her er begrenset, da det pekes på at dette er en tidkrevende prosess. Det rettes derfor fokus på hvordan foreta en effektivisering. En av hovedutfordringene er presisjonen som kreves i oppsettet av trafikksimuleringsnettverket i AIMSUN.

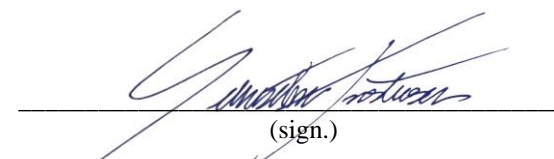
Oppgaven er skrevet i samarbeide med Multiconsult, som har stilt med veileder, datagrunnlag, kompetanse på aktuelle områder, samt økonomisk støtte til programvare.

Gjennom metoden som er utviklet har man klart å effektivisere deler av prosessen som tidligere ble beskrevet som tidkrevende. Teknikker er blitt testet for økt realisme gjennom et høyt detaljnivå av omliggende vegetasjon og overflatematerialer brukt i scenen. Til slutt har man kommet med en anbefaling for hvilken maskinvare som bør benyttes, både for effektiv modellhåndtering og for å korte ned tiden brukt til produksjon av endelig animasjon. Metoden er satt opp som en guide og er utviklet for at alle som er kjent med aktuell programvare skal kunne gjennomføre den.

Resultatet, foruten utviklingen av selve metoden, er animasjoner for Multiconsult sitt prosjekt «Gyllan – Røskaft» på Melhus.

Stikkord:

1. Effektivisering
2. Trafikksimulering
3. Visualisering
4. Metodikk


(sign.)

Forord

Gjennom fem år ved NTNU har min interesse for transport, det være seg for person eller gods, utviklet seg stort. De samfunnsmessige konsekvensene og mulighetene som ligger i nye vegprosjekter, samt effektivisering av dagens transportmønstre, spiller en særdeles viktig rolle for bærekraftig samfunnsutvikling.

«Oppladningen» til masteroppgaven stammer helt tilbake fra mitt første PC-kjøp, da jeg var 13 år gammel. Fra den dag av, har digitale verktøy vært av stor interesse. Nesten hver gang en ny oppgave blir presentert, er første tanke hvordan jeg kan løse den mer effektivt ved bruk av dataverktøy. Denne måten å tilnærme seg løsninger på, danner grunnlaget for både min prosjekt- og masteroppgave.

Gjennom sommerjobb hos Asplan Viak fikk jeg mulighet til å se på hvordan 3D-visualisering av vegprosjekter kan gjøres mer helhetlig ved å inkludere simulert trafikk med AIMSUN. Dette var en egen tanke og en perfekt anledning til å kombinere interessen for fagretningen transport og digitale verktøy. Da sommerjobben var over, var grunnlaget dannet for prosjektoppgaven, som ble skrevet med bakgrunn i dette arbeidet. utfordringer og muligheter ble konkretisert, og gjennom denne masteroppgaven har jeg formulert ut en metode som skal gjøre bruken av 3D-visualisering av vegprosjekter med trafikkmodeller, mer effektiv og levedyktig.

Arbeidet har vært spennende og ikke minst meget lærerikt. Det er blitt jobbet med og testet så mange programmer, tillegg og teknikker, at ikke en gang alle har fått plass i oppgaven. Å kunne se utviklingen av metoden og hva den har ledet frem til, også i visuell form har gjort at arbeidet aldri har blitt kjedelig eller intetsigende. Jeg håper engasjementet for temaet kommer frem gjennom oppgaven og av resultatene.

Denne masteroppgaven er skrevet ved NTNU og Institutt for bygg, anlegg og transport (BAT). En takk rettes til min hovedveileder Arvid Aakre, biveileder Jo Skjermo ved SINTEF - Teknologi og samfunn, og eksternt veileder Thomas Jenssen hos Multiconsult.

En takk rettes også til min mor, Elin C. H. Torstenson for korrekturlesing. Til slutt vil jeg takke alle som har bidratt med tilbakemeldinger per mail og gjennom intervjuer. Uten disse, hadde jeg ikke hatt grunnlag for å velge, noen av de kanskje viktigste fokusområdene for oppgaven.

Trondheim, juni 2016

Sammendrag

Denne masteroppgaven ser på mulighetene knyttet til en kombinert bruk av programvare for 3D-visualisering og trafikkmodellering. Autodesk 3ds Max og TSS AIMSUN skal brukes i håp om å fremstille et mer helhetlig bilde av fremtidige vegprosjekter i Norge. Basert både på intervjuer og egne erfaringer, er det tydelig at det ligger et potensiale i å kunne vise animasjoner av vegprosjekter med økt realisme i forhold til det man ser i dag. Målet er å gi beslutningstaker og spesielt de med mindre teknisk innsikt, et bedre grunnlag for sine valg.

Enkelte aktører har allerede brukt lignende oppsett som foreslås i denne oppgaven, men med begrenset omfang. Årsaken er at dette er en tidkrevende prosess. Det rettes derfor fokus på hvordan foreta en effektivisering. En av hovedutfordringene er presisjonen som kreves i oppsettet av trafikksimuleringsnettverket i AIMSUN. I tillegg pekes det på utfordringer rundt bruk av større datamengder hva angår antall kjøretøy i scenene.

Oppgaven er skrevet i samarbeide med Multiconsult. De har stilt med veileder, kompetanse på aktuelle områder, samt økonomisk støtte til programvare. Datagrunnlag fra et av deres faktiske prosjekter er brukt, samt at alt videre arbeid er forsøkt gjort med programvare og metodikker kjent for dem. Dette for å opprettholde en god kommunikasjon og støtte rundt oppgaven gjennom hele prosessen, samtidig som man utvikler en metode innenfor kjente rammer.

Gjennom metoden som er utviklet har man klart å effektivisere deler av prosessen som tidligere ble beskrevet som tidkrevende. Teknikker er blitt testet for økt realisme gjennom et høyt detaljnivå av omliggende vegetasjon og overflatematerialer brukt i scenen. Til slutt har man kommet med en anbefaling for hvilken maskinvare som bør benyttes, både for effektiv modellhåndtering og for å korte ned tiden brukt til produksjon av endelig animasjon. Metoden er satt opp som en guide og er utviklet for at alle som er kjent med aktuell programvare skal kunne gjennomføre den.

Resultatet, foruten utviklingen av selve metoden, er animasjoner for Multiconsult sitt prosjekt «Gyllan – Røskaft» på Melhus. Dette er en ny 4-felts veg på 4,3 km, med omliggende mindre veier, to rundkjøringer, to kulverter, kryss og ramper. Det er produsert animasjoner for to fiktive trafikkscenarier, samt høyt og lavt detaljnivå.

Abstract

This master thesis takes a look at the possibility of a combined use of 3D-visualization and traffic simulation. Autodesk 3ds Max and TSS AIMSUN is used to give a more comprehensive view of future road projects in Norway. Based on both interviews and own ideas, there is an unused potential regarding a more realistic presentations of road projects. Trough unleashing the potential, one hope that this would give decision-makers, and especially those with less technical knowledge, a better basis for their choice.

Some engineering companies have already used setups close to the one suggested in this master thesis, but the extent of use is limited. This because it is seen as a time consuming process. One of main aspects in focus has therefore been to look at a method for a more efficient setup. This includes a more efficient way of creating precis road networks for traffic simulation in AIMSUN. A high number of vehicles in the model is also concerned to be an issue.

The master thesis is written in collaboration with Multiconsult, who has provided guidance and economical support for computer software. Data sources related to a new road section, design by them was used, and all further work is done with computer software known to Multiconsult. This is done to ensure a good communication throughout the process and at the same time develop a method within known framework.

In the method developed, one has achieved to make some of the process, that earlier was described as time consuming, more efficient. Techniques for a rise in realism through a high level of detail for vegetation and surface materials is tested. In the end recommendations for hardware that could be used, both for efficient handling of the model itself and lowering the rendering times, is suggested. The method as a whole is set up as a guide, and developed for people with basic knowledge of the computer software used.

The end result, besides the development of the method, is animations for the road project «Gyllan – Røskaft» at Melhus, designed by Multiconsult. This is a new 4,3 km 4-lane road with smaller local roads linked to it, as well as two roundabouts, two culverts, two junctions and on/off ramps. It is produced animations for two fictitious traffic scenarios, and tests of high and low level of detail.

Innholdsfortegnelse

Forord	ii
Sammendrag	iv
Abstract	vi
Innholdsfortegnelse	viii
Figurligste.....	xii
Tabelliste	xiv
1. Introduksjon	2
1.1 Samarbeid med Multiconsult.....	3
1.2 Min datatekniske bakgrunn	3
1.3 Rapportens oppbygning	3
1.4 Bakgrunn	5
1.4.1 BIM/3D-modeller.....	5
1.4.2 Beslutningsgrunnlag for vegprosjekter	5
1.4.3 Trafikkmodeller.....	6
1.4.4 3D-Visualisering fra simuleringsdata.....	7
1.5 «State of the art» studie	8
1.6 Kunnskapsinnhenting per mail	9
1.6.1 Rambøll	9
1.6.2 Norconsult	10
1.6.3 Multiconsult	10
1.6.4 Vianova	10
1.6.5 Statens Vegvesen.....	11
1.7 Kunnskapsinnhenting per samtale/intervju	11
1.7.1 Asplan Viak.....	11
1.7.2 TSS	12
1.7.3 Focus Software	12
1.7.4 Vianova	13
1.8 Oppsummering av tilbakemeldinger og samtaler	13
1.9 Problemstilling og forskningsspørsmål	14
1.9.1 Forskningsspørsmål.....	14
1.10 Avgrensning.....	15
1.11 Programvare.....	15
1.12 Forkortelser og begreper.....	17

2.	Metode	18
2.1	Formål, tilnærming og fokusområder	18
2.2	Metodens oppbygning	18
2.3	Klargjøring av modellgrunnlag	19
2.3.1	Aktuell programvare	20
2.3.2	Aktuelle filformater	20
2.3.3	Lag- og gruppehåndtering	21
2.3.4	Overflategeometri.....	22
2.3.5	Eksport	23
2.3.6	Eksporterte objekter	24
2.3.7	Ikke-eksporterte objekter.....	25
2.4	Trafikkmodellering	26
2.4.1	Utfordringer i dag	26
2.4.2	Aktuell programvare	27
2.4.3	Aktuelle filformater	27
2.4.4	Konstruksjon av vegnettverk for simulering.....	28
2.4.5	Trafikkdata	34
2.4.6	Kjøretøy.....	34
2.4.7	Simulering og eksport av data	36
2.5	3D-visualisering – 3ds Max 2016.....	37
2.5.1	Introduksjon	37
2.5.2	Aktuelle programmer og tillegg	38
2.5.3	Aktuelle filformater	39
2.5.4	Import: Datagrunnlag fra Virtual Map	39
2.5.5	Import: Trafikksimuleringsdata fra AIMSUN	40
2.5.6	Kjøretøyplassering til overflategeometri.....	43
2.5.7	Lyssystem og kameraoppsett	45
2.5.8	Optimalisering av overflategeometrier og laginndelinger	46
2.5.9	Supplerende objekter	47
2.5.10	Materialer og teksturer	48
2.5.11	Vegetasjon	49
2.5.12	Rendering og animasjon	51
3.	Resultater	54
3.1	Forberedende arbeider	57
3.2	Klargjøring av modellgrunnlag	58

3.2.1	Laginndeling og gruppehåndtering	58
3.2.2	Overflategeometri.....	58
3.2.3	Eksport	61
3.3	Trafikkmodellering.....	62
3.3.1	Konstruksjon av vegnettverk for simulering.....	62
3.3.2	Trafikkdata	64
3.3.3	Kjøretøy.....	65
3.3.4	Simulering og eksport av data.....	65
3.4	3D visualisering – 3ds Max 2016.....	67
3.4.1	Import: Datagrunnlag fra Virtual Map.....	67
3.4.2	Import: Trafikksimuleringsdata fra AIMSUN og tilpasning til underlaget	68
3.4.3	Lyssystem og kameraoppsett	75
3.4.4	Optimalisering av overflategeometrier og laginndelinger	77
3.4.5	Resterende objekter	78
3.4.6	Materialer og teksturer	81
3.4.7	Vegetasjon.....	83
3.4.8	Rendering og maskinvare.....	87
3.4.9	Animasjon	92
4.	Diskusjon	94
4.1	Datagrunnlag	94
4.2	Trafikksimuleringsnettverk (AIMSUN, QGIS, AutoCAD MAP 3D).....	95
4.3	3ds Max og annen programvare	96
4.3.1	Vianova Systems – NovapointDCM (19.35)	96
4.3.2	Vianova Systems - Novapoint Virtual Map (VM) (7.1.1)	96
4.3.3	Autodesk - AutoCAD 2016.....	97
4.3.4	Autodesk - AutoCAD Civil 3D.....	97
4.3.5	TSS - AIMSUN (8.1.2)	97
4.3.6	QGIS Desktop 2.14	98
4.3.7	Autodesk - AutoCAD MAP 3D 2016	98
4.3.8	Autodesk – 3ds Max (2016).....	98
4.3.9	Autodesk – Civil View (tillegg).....	99
4.3.10	iToo Software - Forest Pack Pro (5.0.5) (tillegg).....	99
4.3.11	Chaos Group - V-Ray adv. for 3ds Max (3.30.05) (rendering).....	100
4.3.12	Chaos Group - V-Ray RT for 3ds Max (3.30.05) (rendering)	100
4.3.13	NVIDIA - Mental Ray (rendering).....	101

4.3.14	Houdini Ocean for 3ds Max (2015.02.11.1) (tillegg)	101
4.3.15	Material Converter v.1.24 (Script)	101
4.3.16	ImagesToVideo av Jaromir Sivic	101
4.4	Maskinvare og ytelse	102
4.5	Alternative renderingsmetoder	103
4.5.1	Lumion	103
4.5.2	Unreal Engine 4	103
5.	Konklusjon	106
6.	Videre arbeid	108
7.	Feilkilder	110
8.	Referanser	112
9.	Vedlegg	118
9.1	Vedlegg 1: Oppgaveteksten	118
9.2	Vedlegg 2: Video	121
9.3	Vedlegg 3: PassMark - CPU Mark	122
9.4	Vedlegg 4: PassMark - G3D Mark	122
9.5	Vedlegg 5: GeForce GTX Rendering Benchmarks and Comparisons	122
9.6	Vedlegg 6: V-Ray adv. test (evermotion.org)	123
9.7	Vedlegg 7: Digitale vedlegg	124
9.7.1	Mailutveksling med Øyvind Lervik Nilsen, Rambøll	124
9.7.2	Mailutveksling med Steinar Vatne, Rambøll	124
9.7.3	Mailutveksling med Viktor Sköldstedt, Norconsult	124
9.7.4	Mailutveksling med Halvor Grønlund, Multiconsult	124
9.7.5	Mailutveksling med Anders Amundsen Welde, Multiconsult	124
9.7.6	Mailutveksling med Geir Trygve Jensen, Vianova	124
9.7.7	Mailutveksling med Børge Bang, Statens vegvesen	124

Figurliste

Figur 1 - Statens vegvesen - Ferjefri E39, Sognefjorden (Statens vegvesen, 2013a)	6
Figur 2 - Utsnitt fra animasjon laget med AIMSUN (TSS, 2015b)	8
Figur 3 - Metode: fremgangsmåte	18
Figur 4 - Fremgangsmåte for klargjøringsfase	19
Figur 5 - Fremgangsmåte, lag- og gruppeinndelinger	21
Figur 6 - Eksempel på feiltilpasset verdi for høyde	22
Figur 7 - Fremgangsmåte for trafikkmodellering	26
Figur 8 - AIMSUN redigeringsmodus for vegnettverk	29
Figur 9 - Eksempel på opptegning av kurve	29
Figur 10 - Fra .dwg til trafikksimuleringsnettverk i AIMSUN	30
Figur 11 - 2D-polygoner, 2-felts veg	30
Figur 12 - Blått felt redigert til ett polygon	30
Figur 13 - Begge felt konvertert til linjer	30
Figur 14 - Utsnitt fra QGIS m/ etter-redigering til forklaringene	31
Figur 15 - AIMSUN: Importert .dwg, 4-felts veg	32
Figur 16 - AIMSUN: Importert SHAPE-fil for ett kjørefelt	32
Figur 17 - AIMSUN: Redigering til ett kjørefelt	32
Figur 18 - AIMSUN: Utvidelse til 2 kjørefelt	32
Figur 19 - AIMSUN: Importert .dwg, 2-felts veg	33
Figur 20 - AIMSUN: Importert SHAPE-fil for ett kjørefelt	33
Figur 21 - AIMSUN: Redigering til ett kjørefelt	33
Figur 22 - AIMSUN: Manuell flytting av kjørefelt	33
Figur 23 - AIMSUN: Manuell opptegning av vegnettverk	34
Figur 24 - 3D-bokser eksportert fra AIMSUN, importer og vist i 3ds Max	35
Figur 25 - Feil i overgang fra AIMSUN-modellgrunnlag til kjøretøyer i 3ds Max	35
Figur 26 - Fremgangsmåte for 3D-visualisering i 3ds Max	37
Figur 27 - Panel for import av .obj-filer	40
Figur 28 - Panel for import av .FBX-filer	40
Figur 29 - 3D-boks fra AIMSUN til venstre, erstattet kjøretøy fra Civil View til høyre	41
Figur 30 - Panel for trafikkdata-import	41
Figur 31 - Panel for implementering av kjøretøymodeller i 3ds Max, gjennom Civil View ..	42
Figur 32 - Panel for "Traffic Surface Tracking Manager"	44
Figur 33 - Tilpasning av tilt for kjøretøy	44
Figur 34 - Tilpasning for kjøretøy i lengderetning	44
Figur 35 - HDRI bilde (hdri-skies.com, 2016)	45
Figur 36 - Civil View: «Object Placement Style Editor»	47
Figur 37 - Civil View: «Object Placement Style Editor»	47
Figur 38 - Panel for Houdini Ocean	48
Figur 39 - Panel for Material Converter v.1.24	49
Figur 40 - Modell: Ikke-rendert	51
Figur 41 - Rendert	51
Figur 42 - Virtual Map modell av prosjektet	55
Figur 43 - Prosjektområde (Google Maps)	55
Figur 44 - YouTube-kanal for resultater	55

Figur 45 - Feil i overflate geometri (utsnitt)	57
Figur 46 - Markert området i rødt med korresponderende objektinformasjon til høyre	58
Figur 47 - Hull i overflategeometrien og skarp overgang inn mot rundkjøring.....	59
Figur 48 - Konsekvens ved tilpasning av kjøretøy til underlag	60
Figur 49 - Utsnitt fra "Object Viewer"	60
Figur 50 - Typiske feil i modellgrunnlaget	61
Figur 51 - Trær modellert mot .FBX.....	62
Figur 52 - Kjt. tilpasset .obj.....	62
Figur 53 - Avvik fra AIMSUN til 3ds Max	63
Figur 54 - Presisjon for kjøretøy, endelig animasjon	63
Figur 55 - AIMSUN: Noder	64
Figur 56 - Graf: Størrelsesøkning mot antall kjøretøy	66
Figur 57 - Plassering i georefererte koordinater.....	68
Figur 58 - Importert modellgrunnlag fra VM, vist i 3ds Max	68
Figur 59 - Testscene for rendering	69
Figur 60 - Feil for HDRI-bilde	75
Figur 61 - «Depth-of-Field» av	76
Figur 62 - «Depth-of-Field» på	76
Figur 63 - «Motion Blur» av	77
Figur 64 - «Motion Blur» på	77
Figur 65 - Overlappende objekter, feil for vegetasjon	78
Figur 66 - Utplassert lyktestolper, lik høyde for begge sider av vegen	79
Figur 67 - 2d-stolpe, feilplassering, VM	79
Figur 68 - 3D-stolpe, rett plassering, 3ds Max.....	79
Figur 69 - Den større elven i scenen m/ «Houdini Ocean» og teksturer fra vraymaterials.de .	80
Figur 70 - Utplasserte mennesker med "Populate"	80
Figur 71 - Teksturer fra VM.....	81
Figur 72 - Ekte gress-tekstur	81
Figur 73 - Ortofoto skalert (512x512).....	82
Figur 74 - Ortofoto uten skalering (3200x2400).....	82
Figur 75 - Kjøretøy m/ V-Ray materialer.....	83
Figur 76 - Kjøretøy før konvertering av materialer.....	83
Figur 77 - Rendering uten vegetasjon	84
Figur 78 - Rendering med trær	84
Figur 79 - Rendering med full vegetasjon.....	84
Figur 80 - Uten bruk av "Forest Colour" (docs.itoosoft.com, 2016a).....	85
Figur 81 - Med bruk av "Forest Colour" (docs.itoosoft.com, 2016a).....	85
Figur 82 - Vegetasjon mot kanter i Forest Pack Pro (itoosoft.com, 2016).....	86
Figur 83 - V-Ray RT ytelse.....	90
Figur 84 - V-Ray adv. CPU vs. GPU	91

Tabelliste

Tabell 1 - Forkortelser og begreper	17
Tabell 2 - Klargjøring av modellgrunnlag: Aktuell programvare	20
Tabell 3 - Klargjøring av modellgrunnlag: Aktuelle filformater	20
Tabell 4 - Eksporterte objekter	24
Tabell 5 - Ikke-eksporterte objekter	25
Tabell 6 - Trafikkmodellering: Aktuell programvare.....	27
Tabell 7 - Trafikkmodellering: Aktuell filformater.....	27
Tabell 8 - Kjøretøymodeller og korresponderende lengder	36
Tabell 9 - 3D-visualisering – 3ds Max 2016: Aktuelle programmer og tillegg.....	38
Tabell 10 - Tidsbruk for metoden (forklaring).....	56
Tabell 11 - Tidsbruk for metoden.....	56
Tabell 12 - Trafikkdata, totalt for modellen	64
Tabell 13 - AIMSUN FZP-eksport: Filstørrelse basert på steglengde	65
Tabell 14 - AIMSUN: Resultater fra 5 min med mikrosimulering	66
Tabell 15 - AIMSUN: Resultater fra 60 min med mikrosimulering	67
Tabell 16 - Import av trafikksimuleringsdata, datagrunnlag og innstillinger	70
Tabell 17 - Import av trafikksimuleringsdata, resultater	70
Tabell 18 - Tidsbruk for kjøretøytilpasning til underlaget, basert på steglengde.....	72
Tabell 19 - Visuelle resultater for ulike steglengder	74
Tabell 20 - Minnebruk, med og uten skalering av ortofoto.....	82
Tabell 21 - Tester for bruk av vegetasjon. *3 min renderingstid	83
Tabell 22 - Maskinvare	87
Tabell 23 - CPU sammenligning (spesifikasjoner og ytelse).....	88
Tabell 24 - GPU sammenligning (spesifikasjoner og ytelse).....	89
Tabell 25 - Renderingstid: Mental Ray, V-Ray, V-Ray RT.....	92
Tabell 26 - Renderingstid full animasjon	93
Tabell 27 - Anbefalt maskinvare for 3D-visualisering av vegprosjekter m/ trafikkmodeller	102

1. Introduksjon

Denne oppgaven ser på muligheten til å bruke trafikksimuleringer satt opp i TSS AIMSUN for 3D-visualisering av vegprosjekter. 3D-visualisering vil bli gjort med Autodesk 3ds Max 2016, hvor resultatet blir en animasjon for et faktisk vegprosjekt i Norge. Ønsket er å gi beslutningstaker og andre involverte parter, gjerne uten særlig kompetanse på fagfeltet, som politikere og lokalbefolkning, et bedre beslutningsgrunnlag enn ved tradisjonelle 3D-visualiseringer (uten bruk av trafikksimulerings-verktøy). For å oppnå dette gjøres det også forsøk på å skape en mer virkelighetsnær gjengivelse av vegprosjektet gjennom bruk av detaljert vegetasjon. Dette for å støtte opp under ønske om en mer komplett fremstilling. Det er dog ikke tenkt at det alene kan tas beslutninger på grunnlag av 3D-visualisering og animasjonen som lages, men heller at det kan brukes til tydeliggjøring av aspekter som best syns i visuell form. På den måten kan man gå tilbake til vegmodeller og trasévalg og gjennomføre endringer basert på visualiseringen.

Prosjektoppgave om samme tema:

Opgaven bygger videre på min prosjektoppgave skrevet over samme tema, og det meste av bakgrunnskunnskap ble oppdrevet i her.

Gjennom dette arbeidet kom det frem at flere norske aktører på dette feltet mener det fins et ubenyttet potensiale i 3D-visualisering, men at det blir lite utnyttet fordi dette ofte er tidkrevende arbeid. Derfor vil det bli sett på hvordan man kan effektivisere denne prosessen, som man håper kan føre til økt bruk av 3D-visualisering av denne typen. Kompetansen på området er i konstant utvikling og ligger i stor grad hos aktuelle bedrifter. Det er blitt derfor stiftet kontakter med de bedriftene i Norge som man mener kan komme med innspill, og dannet seg et grunnlag basert på dette. Dette kommer i tillegg til veiledningen og kontinuerlig kommunikasjon med Multiconsult.

En av de største utfordringene som har oppstått gjennom arbeidet med prosjektoppgaven, var overgangen fra prosjektert vegstrekning i Novapoint til 3ds Max. For å få innspill på dette, ble det i innledning av masteroppgaven gjennomført to samtaler. En med Focus Software, som er forhandler og utvikler av Autodesk programvare og en med Vianova, utvikler av Novapoint. Gjennom samtalene med Focus Software, vurderes alternative prosjekteringsmåter for veger gjennom Autodesk Civil 3D, og hvordan et slikt grunnlag muligens kan vises seg mer egnet for videre eksport til 3ds Max. Vianova var selv var kjent med overgangen til 3ds max, og tilbakemeldinger fra dem kunne vises seg absolutt nødvendig for gjennomførbarheten av oppgaven. Man regnet med at vegstrekningen som skulle brukes som eksempel i denne masteroppgave, ville stamme fra et grunnlag prosjekter i Novapoint.

Hovedmålet med denne masteroppgaven er å utvikle en metode som gjør 3D-visualisering av vegprosjekter med trafikkmodeller mer levedyktig, uavhengig av prosjekteringsgrunnlaget. Metoden skal være effektiv, og kunne benyttes av alle med generell kompetanse for programvarene som er brukt.

1.1 Samarbeid med Multiconsult

Masteroppgaven er skrevet i samarbeid med Multiconsult, med Thomas Jenssen som veileder. Han er landskapsarkitekt ved avdeling for samferdsel i Trondheim. All grunnlagsdata stammer fra deres prosjekt «Gyllan-Røskaft», på Melhus utenfor Trondheim, utført for Statens Vegvesen. Jenssen og Multiconsult følger hele prosessen og veileder der de har kompetanse til dette. I tillegg har de dekket utgiftene knyttet til en studentlisens for renderingsmotoren V-Ray, utviklet av Chaos Group.

Merk at prosjektoppgaven, som ble skrevet på samme tema, ble utført i samarbeid med Asplan Viak. Man var innstilt på at også masteroppgaven skulle skrives under veiledning og med datagrunnlag fra dem. Dette viste seg likevel ikke gjennomførbart, da de trakk seg fra avtalen(e) etter at undertegnede signerte arbeidskontrakt for Multiconsult.

En del av kunnskapsinnhentingene fra Asplan Viak er derfor ikke nødvendigvis gyldig for et datagrunnlag prosjektert av Multiconsult. Der det måtte råde usikkerhet, bekreftes det at Multiconsult utfører aktuelt arbeid på samme måte. Den kunnskapen som er blitt oppdrevet gjennom samtaler med aktuelle personer i Asplan Viak er uansett inkludert i denne oppgaven. Dette fordi det var med på å vise hvilke utfordringer næringen sto ovenfor.

Overgangen fra samarbeidet med Asplan Viak til Multiconsult har under ett vært ukomplisert, da nytt datagrunnlag og fremgangsmåte viser seg være innenfor samme tekniske rammeverk.

1.2 Min datatekniske bakgrunn

Denne masteroppgaven kan trolig ikke kategoriseres som en typisk oppgave skrevet ved Institutt for bygg, anlegg og transport (BAT). Med unntak av AIMSUN, er det ikke undervist i noen av programvarene som aktivt er brukt i oppgaven, ved studieretningen «Transport».

Min tekniske bakgrunn stammer fra en stor interesse for bruk av digitale verktøy. Gjennom alt fra 3D-modelleringen av egen leilighet, til sommerjobb hos Asplan Viak, har jeg opparbeidet meg et kunnskapsnivå jeg følger gjør meg rustet til å ta fatt på denne masteroppgaven. Med utgangspunkt i dette, mener jeg også at det er realistiske å tro at alle med en basiskunnskap for programvarene som er brukt, vil være i stand til å gjennomføre metoden.

Jeg håper at interessen, kombinert med min utdannelse her ved NTNU, kan lede frem til en mer effektiv metode for 3D-visualisering av vegprosjekter med trafikkmodeller.

1.3 Rapportens oppbygning

I bakgrunnskapittelet, som er første del av oppgaven, fortelles det litt om BIM (Bygningsinformasjonsmodellering), som ofte vil danne det første grunnlaget for 3D-visualiseringer gjennom vegmodeller. Det snakkes litt om hvilket beslutningsgrunnlag man finner for vegprosjekter og beskriver trafikkmodeller og deres aktualitet. Til slutt ses det litt på hvilke muligheter som ligger i bruk av innebygd funksjonalitet i AIMSUN for 3D-visualisering.

Etter dette følger et «State of the art» studie for å få oversikt over kompetansen som finnes og grunnlaget for hvorfor en 3D-visualisering av denne type kan vise seg viktig. Gjennom dette studie et det blitt konkludert med at kompetansen på området er i konstant utvikling og i stor grad ligger hos aktuelle aktører. Der er derfor blitt stiftet kontakt med de norske aktørene man

mener er mest aktuelle på fagfeltet. Denne kontakten danner i all hovedsak bakgrunnskunnskapen for oppgaven og er brukt for å vise til potensialet man håper fins i å utvikle en effektiv metode for 3D-visualisering av vegprosjekter med trafikkmodeller.

Basert på tilbakemeldingene og egne tanker om hvilke utfordringer som her står ovenfor, har man formulert ut problemstillingen «**Hvordan effektivisere oppsettet for en 3D-visualisering av vegprosjekter, med faktiske trafikkmodeller fra AIMSUN?**», samt forskningsspørsmålene.

Etter dette følger en beskrivelse av oppgavens avgrensing og en oppsummering av de viktigste programmene brukt og hvorfor de er valgt. Introduksjonen avsluttes med en forkortelse- og begrepsforklaring.

Metodekapittelet i denne oppgaven er formulert ut som en fremgangsmåte på hvordan sette opp en 3D-visualisering med trafikkmodeller. Den er 3-delt og ser på, datagrunnlag i form av veg- og terrengmodeller, trafikkmodeller i AIMSUN, og til slutt 3D-visualisering i form av en animasjon satt opp i 3ds Max 2016. Hovedfokuset for oppgaven ligger i utviklingen av denne fremgangsmåten. Et av de viktigste aspektene har vært utfordringen rundt samordningen av prosjektert veg og trafikksimuleringsnettverket. Presisjonen som kreves er meget høy og har vært pekt på som en av de mer tidkrevende aspektene (se kapittel «1.6 - Kunnskapsinnhenting per mail»). Det er også brukt mye tid på å skape et godt helhetsinntrykk av den endelige animasjonen. For dette ble det sett på bruk av 3D-vegetasjon av høyt detaljnivå, gjennom bruk av tillegget «iToo Software – Forest Pack Pro 5.x». Dette ble ansett nødvendig for å synliggjøre inngrep i naturen og få et mer realistisk bilde på hvordan prosjektet faktisk vil fremstå før det realiseres. Ulike trafikksituasjoner er satt opp for å se på muligheten av å synliggjøre estimering av trafikk for fremtiden. Merk at det i denne oppgaven er brukt fiktive tall for trafikksimuleringen. Dette for å begrense oppgaven og fordi et trafikkoppsett basert på realistisk data, ikke er nødvendig for å vise at metodikken vil fungere.

I resultatkapittelet vises det til hvordan metoden har latt seg bruke og hva den har ført fram til. Det pekes på utfordringer og problemer og hvordan disse kan løses hvis mer tid og ikke minst datakraft hadde vært tilgjengelig. I dette kapittelet fins også en rekke figurer som viser til de visuelle resultatene det har vært mulig å oppnå gjennom denne masteroppgaven.

I diskusjonsdelen drøftes resultatene i lys av problemstillingen og forskningsspørsmålene. Man forsøker å svare på disse samtidig som det diskuteres alternative løsninger på oppgaven.

Basert på hovedutfordringene ved utviklingen av metoden i denne oppgaven, og de alternative løsningene, forklares det hvilke områder det bør fokuseres videre på for et potensielt bedre oppsett. Dette er beskrevet i kapittel «6 - Videre arbeid» og utgjør siste del av denne oppgave.

1.4 Bakgrunn

1.4.1 BIM/3D-modeller

Stadig flere aktører bruker BIM (Bygningsinformasjonsmodellering) som hovedverktøy i samferdselssektoren (vianovsystems.no, 2015b). Store aktører som Statens vegvesen (SVV) og Jernbaneverket stiller nå krav om at BIM brukes i infrastruktur-prosjekter (vianovsystems.no, 2015b). Dette åpner for en mer helhetlig fremstilling av prosjektene og et enklere samarbeid på tvers av fagfelt (multiconsult.no, 2015) (vianovsystems.no, 2015a). BIM er et vidt begrep, men bygger på modellering i 3D og danner således et grunnlag for 3D visualisering gjennom bilder og video (animasjon).

Håndbok V770 – «Modellgrunnlag» fra Statens vegvesen har som et av sine hovedmål å fremme bruk av 3D-prosjektering i alle fag. Håndboken skal fungere som en veileder og legger opp til standardisering og entydige kvalitetskrav til grunnlagsdata (Vegdirektoratet, 2015). Statens vegvesen er landets største oppdragsgiver innen veganlegg og drift (Statens vegvesen, 2013c). De skaper således et godt grunnlag for økt bruk av 3D-modellering i nye prosjekter og legger med det 3D-visualisering og animasjon nærmere modellgrunnlaget.

1.4.2 Beslutningsgrunnlag for vegprosjekter

I en artikkel skrevet av James Odeck for SVV, viser man til at en rekke regionale samferdselsprosjekter ikke nødvendigvis ble valgt på grunnlag av deres kost/nytte analyse. I alle fall ikke slik den fulle intensjonen av slike analyser fremstår (Odeck, 1995:138-139). I samme artikkel ble det gjennomført en undersøkelse som viser hvilke aspekter selskapene som gjennomfører analysene, vektet tyngst. Her er de åtte første punktene i prioritert rekkefølge (oversatt fra engelsk):

1. Forbedret trafiksikkerhet
2. Reduksjon av støy og forstyrrende faktorer
3. Økning i nytte for brukeren
4. Reduksjon av lokal luftforurensing
5. Systemkontinuitet
6. Fremme økonomiske vekst i regionen.
7. Oppfylle ønskene til de lokale politikere
8. Høyt kost/nytte forhold

(Odeck, 1995:133)

Basert på egne tanker, tror man flere av disse punktene kan synliggjøres bedre gjennom visuell form. Eksempelvis gjelder dette trafiksikkert og økning i nytte for brukere. Dette bidrar til å støtte opp under utviklingen av et bedre kommunikasjonsverktøy for møte med både politikere, lokalbefolkning og andre interessenter gjennom 3D-visualisering. Gjennom kontakt med Multiconsult kommer det også frem at visualiseringen ofte er et svært effektivt supplement å kommunisere med (Amundsen Welde, 2015). Asplan Viak har også ytret ønske om at man ser på hvordan elementer som angår treffsikkerhet kan vises visuelt, samt det generelle inntrykket man får av å ferdes på vegen (Norrdal og Nilsson, 2015). Dette være seg som fotgjenger, syklist eller bilist. Artikkelen til Odeck peker i hovedsak på utforingene rundt kost/nytte analysene gjennomført for vegprosjekter og hvordan man dessverre ikke alltid lander på det mest

samfunnsøkonomiske alternativet (Odeck, 1995). 3D-visualisering med simuleringsdata håper man skal kunne bidra også her. Ved å synliggjøre omfanget av trafikkvekst, køer ol., vil man forhåpentligvis lettere kunne vise til det teoretiske grunnlaget og konsekvensen dette medfører for samfunnsøkonomien.

«Med en digital prototyp i virkelighetsnær 3D-utførelse (gjerne animert), kan man teste ut styrker og svakheter på alle måter — også hvordan prosjektet blir mottatt av publikum, politikere og myndigheter.» (vianovasystems.no, 2015a)

Visualisering kan bringe et enklere bilde til de med mindre teknisk innsikt innen samferdsel. Det er ikke desto mindre viktig at gjengivelsen er så korrekt og realistisk som mulig, slik at det ikke åpner for feil i beslutningsgrunnlaget. Hva angår den visuelle gjengivelsen, har den bare blitt bedre og bedre de siste årene gjennom ny teknologi og programvare. Under vises et utsnitt fra Statens vegvesen sitt «Ferjefri E39» prosjekt fra Sognefjorden, som gir et godt inntrykk av hvor langt man har kommet (Statens vegvesen, 2013b). Det er også fremstilt en video av samme prosjekt (Statens vegvesen, 2013a)



Figur 1 - Statens vegvesen - Ferjefri E39, Sognefjorden (Statens vegvesen, 2013a)

Den visuelle fremstillingen fremstår nå som meget god og man mener derfor det er viktig å lete etter nye måter for en mer helhetlig fremstilling. Gjennom denne oppgaven ønsker man derfor å rette blikket mot trafikkbildet, som i dag ofte består av tilfeldig plasserte kjøretøy, ikke fremstilt gjennom trafikkmodeller. Dette kommer frem gjennom lavt omfang i bruk av trafikkmodeller som grunnlag for kjøretøysanimasjonene (se kapittel «1.6 - Kunnskapsinnhenting per mail»).

1.4.3 Trafikkmodeller

En trafikkmodell gjør det gjennom matematiske modeller mulig å simulere et gitt trafikkbilde. Modellen er like fullt en forenkling av virkeligheten. Det vil si at grunnlagsmaterialet og kunnskapsnivået hos brukeren må være godt. Man har både statiske og dynamiske modeller,

der de statiske er konstante over tid og gir gjennomsnittlige resultater, mens dynamiske modeller endres over tid og gir variable resultater. Man har også ulike nivåer for modelleringen. En mikromodell gir detaljerte beskrivelser og sammenhenger. Makromodeller gir en overordnet beskrivelse og angår gjennomsnittsberegninger av trafikksituasjonen. Mesomodeller ligger et sted mellom disse (Aakre, 2015a). En bør helst unngå forelesningsnotater, men siden dette var en god og generell beskrivelse, samt en del av faget TBA4286 - Trafikkavvikling og ITS som holdes ved NTNU, blir referansen stående.

I Norge brukes gjerne RTM (regional transportmodell) som hovedgrunnlag for trafikkmodelleringer i et begrenset område. Modellsystemet bygger på etterspørselen etter korte reiser (under 100 km) og inkluderer fem reisemidler for følgende grupper; bilfører, bilpassasjer, kollektiv, sykkel og til fots. Sammen med de fem etterspørselsmodellene for arbeid, tjeneste, service, besøk og annet, kan trafikken beregnes (Avinor et al., 2008:2).

Det er viktig å merke seg at datagrunnlaget brukt i endelig modeller bør verifiseres og dokumenteres. Ikke bare er det ønskelig med en korrekt fremstilling, men potensielt kan det oppleves misbruk av data fra mennesker som skulle kunne ha en interesse av å vri virkeligheten til sin fordel. Når det her samtidig er snakk om at visuelle fremstillinger gir et tydeligere bilde, også til mennesker utenfor fagfeltet, blir det ekstra viktig at grunnlagsdata ikke er feil eller manipulert.

Når grunnlaget er på plass kan modellen bygges, gjerne med programvare som for eksempel AIMSUN fra TSS eller PTV Vissim fra PTV. Disse er stadig i utvikling, og med dette kommer det hele tiden ny funksjonalitet som skal gi en mer realistisk gjengivelse av trafikkbildet. Med slik programvare er det også mulig å eksportere kjøretøyenes posisjon gjennom en simulering. På den måten kan man belegge det 3D-modellerte vegnettet med kjøretøy basert på de faktiske beregningene gjort i programvaren (TSS, 2015a).

Selv om trafikkmodeller bygger på innsamlet data, matematiske modeller og prognoser for fremtiden, har man som regel god kontroll over alle forsøksbetingelsene. Ved kjøring av modellen gjennomgår en rekke replikasjoner som minimerer feil og således gir relativt sikre resultater (Aakre, 2015b). Bruk av trafikkmodeller er nok det nærmeste vi i dag kommer en tilnærming til et virkelig trafikkbilde og vil forhåpentligvis gi et godt grunnlag for å kunne ta mer informative beslutninger for nybygging eller endringer i infrastrukturen.

1.4.4 3D-Visualisering fra simuleringsdata

Usikkerheten knyttet til om trafikken, vist i animasjoner (som eksempelvis i figur 1), bygger på modeller eller tilfeldig plasserte kjøretøy, kommer av manglende innsikt i hvilken trafikksituasjon som vises. Gjennom litteratursøk og samtale med Project Manager, Dr. Emmanuel Bart, fra Transport Simulation Systems (TSS), mener en det trolig finnes få, eller ingen kjente prosjekter, der realistisk 3D-visualisering inkluderer et trafikkbilde bygget på trafikkmodeller (Bart, 2015). Etter å ha tatt kontakt med flere av de største, aktuelle norske selskapene for slike prosjekter, viser det seg allikevel at enkelte prosjekt benytter seg av denne kombinasjonen. Mer om dette i kapitel «1.6 - Kunnskapsinnhenting per mail».

Gjennom TSS sitt eget modelleringsverktøy AIMSUN, har de laget en animasjon som bygger på trafikkmodeller satt opp for London. Et utsnitt fra animasjonen vises i figur 2, og bygger på

AIMSUN sin innebygde funksjonalitet for animasjon/3D visualisering. Som det fremkommer kan dette ikke karakteriseres som en visuelt realistisk eller troverdig fremstilling. Bert selv påpeker som nevnt at dette ikke er primærfokuset til TSS, men sier at som følge av økt fokus på visualisering og animasjon, inkluderte også TSS muligheten for dette i de siste versjonene av AIMSUN.

Slik situasjonen er i dag har man både kraftig verktøy for realistisk 3D-visualisering og trafikkmodellering, men trolig få prosjekter som kombinerer dette. Dette mener man fremstår som en svakhet i den endelige leveransen av 3D modeller/animasjoner hvis det skal gi klarhet i prosjektets omfang, både ved byggestart og i fremtiden. Gjennom en kombinasjon av 3D-visualisering og trafikkmodeller vil man forhåpentligvis ta et skritt nærmere en realistisk representasjon av fremtidige vegprosjekter.



Figur 2 - Utsnitt fra animasjon laget med AIMSUN (TSS, 2015b)

1.5 «State of the art» studie

«Det siste og beste» kan forandre seg fra en dag til en annen i dataverden. Programvare er ofte i kontinuerlig utvikling og med det følger stadig nye metoder og teknikker for bruk. I denne oppgaven utforsker man hva siste programvare og versjonene av disse gir av muligheter for 3D-visualisering av vegprosjekter med trafikksimuleringer fra AIMSUN.

Oppgaven må kunne beskrives som relativt smal, når man ser på den spesifikke rekken av programmer og verktøy som benyttes. Flere kjente programmer, tillegg og teknikker er tatt i bruk, men man har ikke klart å oppdrive tidligere relevante studier på konkret anvendelse av trafikksimulering-data i 3ds Max. Som følge av dette er tilnærmingen til «State of The Art» mye basert på brukerveiledninger og aktuelle forum på nett, samt innhenting av kunnskap fra aktuelle norske aktører, som utfører 3D-visualisering med trafikksimuleringer eller lignende arbeid.

Som følge av oppgavens karakter har det også gitt mer mening å lese seg opp på aktuelle områder underveis. Dette fordi det ikke på forhånd var mulig å forutse hvilken kunnskap som

trengtes for å sette opp ønsket metode. Denne delen av oppgaven er derfor ikke spesielt omfattende, men har heller et fokus på tilbakemeldinger fra norske aktører på fagfeltet.

1.6 Kunnskapsinnhenting per mail

For å samle relevant kunnskap ble det sendt ut mail til flere aktuelle norske aktører. Dette ble ansett bli den beste tilnærmingen til hvor langt man var kommet på området per i dag. Mailen ble sendt ut i forbindelse med prosjektoppgaven. I mailen sto det følgende:

«Hei!

Jeg skriver for øyeblikket min prosjektoppgave ved NTNU, Institutt for bygg, anlegg og transport. Oppgaven bygger på å benytte en kombinasjon av Autodesk 3ds Max og TSS AIMSUN for en mer realistisk og komplett visualisering av vegprosjekter. Til våren skriver jeg masteroppgave om samme tema».

I den forbindelse undersøker jeg om dette er blitt gjort tidligere. Det være akkurat med dette oppsettet eller med en litt annen vri. Altså bruk av 3D-visualisering med trafikk bygget fra trafikkmodeller. Om ikke, kan du kommenter på hvorfor dette ikke er blitt gjort?

Det ville vært til stor hjelp å få input på dette, da jeg har problemer med å finne tilstrekkelig grunnlag».

Det kom inn svar fra; Rambøll, Vianova, Multiconsult, Norconsult og Statens Vegvesen. Under følger en oppsummering av disse, satt opp etter aktør. Dette er ikke direkte sitater, men formulert på nytt som en oppsummering.

1.6.1 Rambøll

Øyvind Lervik Nilsen, Sivilingeniør ved Trafikk/utredning forteller at de i hovedsak ikke bruker 3ds Max i AIMSUN beregninger og begrunner dette med at oppdragsgiver i hovedsak ikke ønsker å betale for dette. Nilsen sier de allikevel har gjennomført slike prosjekter med VISSIM (et alternativ til AIMSUN) i enkelte tilfeller, og at de har kompetanse på området i Rambøll (Lervik Nilsen, 2015).

Steinar Vatne ved «Kart og 3D-visualisering» viser også til at Rambøll har gjennomført prosjekter hvor de har brukt data fra VISSIM fra visualisering med 3ds Max. Deres behov har alltid først å fremst vært å skaffe liv i modellene, mens det trafikk-tekniske har hatt underordnet betydning. Vatne viser til at det i flere tilfeller ikke foreligger trafikksimuleringer og at de da velger å bruke tilfeldig plasserte kjøretøy. Der det foreligger simuleringsdata kan de spare tid på å bruke disse. Vatne anslår videre at de har brukt data fra trafikksimuleringer 3-5 ganger i løpet av de 10 årene han har jobbet der, noe han sier ikke er veldig ofte.

Vatne peker også på noen utfordringer knyttet til bruk av data fra trafikksimuleringer. Det kreves god korrespondanse mellom nettverket i simuleringsverktøyet og 3D-modellen. Dette er svært viktig for en god fremstilling, men er ikke alltid fokus for de som setter opp simuleringene.

Animasjonen er ganske grovt oppbygget, noe som fører til dårlig visualisering av spesielt tunge, lengre kjøretøy. Vatne mener det kan finnes muligheter for å definere akselavstand osv. som potensielt kunne forbedret animasjonen, men dette er ikke noe Rambøll har sett mer på.

Som følge av lengre simuleringer og det at man ønsker en viss kvalitet på samplingen for at bilene skal følge vegen, kan det fort bli mye data. Dette kan bli et problem i 3ds Max, men kan løses ved å være litt «smart» i valg av tidsrom, sampling og antall kjøretøy (Vatne, 2015).

1.6.2 Norconsult

Viktor Sköldstedt, Trafikkingeniør i Norconsult, skriver at det ved en simulering i forbindelse med bybanen i Bergen ble satt opp en enkel 3D-visualisering i VISSIM. Dette er samtidig ikke vanlig praksis hos dem. Han sier at fokuset for simuleringen er på trafikken og dets virkinger, og ikke på selve presentasjonen av simuleringen. Samtidig var det snakk om å eksportere det hele til 3ds Max for en penere visning. Dette var noe også oppdragsgiver var interessert i, men det ble aldri noe av. Viktor Sköldstedt, som var delaktig i dette prosjektet, sier han selv har interesse av å sette opp en mer visuelt tilfredsstillende presentasjon gjennom 3ds Max. Dette er oppe til diskusjon innad i bedriften og vil mulig bli aktuelt for fremtidige prosjekter (Sköldstedt, 2015).

1.6.3 Multiconsult

Halvor Grønlund ved trafikkavdelingen til Multiconsult, skriver at han syns problemstillingen er spesielt interessant. Han viser til at arbeidsomfanget rundt 3D-visualisering av trafikksimuleringer, i etablerte veimodeller, har hatt behov for å bli effektivisert. Halvor bekrefter ellers at Multiconsult benytter AIMSUN for trafikkmodellering (Grønlund, 2015).

Anders Amundsen Welde, ved Samferdsel og infrastruktur: kombinasjonen visualisering/trafikkmodeller er veldig aktuelt for dem. Både når det gjelder selve 3D-visualiseringen og hvordan dette er et godt virkemiddel for å få frem budskapet til interessenter og beslutningstakere. Han skriver at visualiseringen ofte er et svært effektivt supplement å kommunisere med (Amundsen Welde, 2015).

1.6.4 Vianova

Geir Trygve Jensen hos Vianova har jobbet både med mikrosimulering i AIMSUN og 3D-visualisering på vegprosjekter innenfor fagfeltene, Skilt og Vegoppmerking. Han skriver at de per nå ikke har gjennomført et oppsett foreslått i denne prosjektoppgaven. Hovedgrunnen til dette er at det krever merarbeid og at det gjør modellene tyngre å jobbe med. Han kjenner heller ikke til at dette har vært etterspurt av oppdragsgivere. De har allikevel sett en del på eksporten av simuleringsdata fra AIMSUN og Jensen kommenterer at en av hovedutfordringene her har vært, den til tider store datamengden som ble eksportert, og hvordan den skal håndteres i 3D-modellen. Han skriver videre at Vianova sitter på kompetanse til å eksportere veg- og terrengmodell fra Novapoint til 3ds Max (Jensen, 2015).

På bakgrunn av dette ble det avtalt et møte hos Vianova i forbindelse med innledningen til masteroppgaven. Møtet er oppsummert i del-kapitel «1.7.4 - Vianova».

1.6.5 Statens Vegvesen

Børge Bang har ansvaret for AIMSUN i Statens Vegvesen (SVV). Han mener han helt klar ser et potensiale i det å kunne presentere resultater fra AIMSUN i 3D på en bedre måte. Med bedre mener han, enn det som er mulig gjennom 3D-visualisering med innebygde funksjonalitet i AIMSUN. Han peker likevel på at det fort kan bli arbeidskrevde å få satt opp en skikkelig 3D-modell. Nøkkelen mener han er en mer effektiv prosess, slik at oppsett som dette ikke kun forbeholdes større prosjekter. Det å sette opp AIMSUN-modellen er også et krevende arbeid skriver Bang, men viser til at det stadig blir satt opp flere trafikmodeller spesielt for større norske byer. Bang la også ved en presentasjon fra et brukermøte for AIMSUN i 2013, som omhandler eksporten av simuleringsdata fra AIMSUN til 3ds Max (Bang, 2015).

1.7 Kunnskapsinnhenting per samtale/intervju

Det ble gjennomført fem intervjuer i mer løssluppen form, som man derfor velger å kalle samtaler. I forbindelse med prosjektoppgaven ble det gjennomført to, med representanter fra Asplan Viak sitt kontor i Trondheim, og en med Dr. Emmanuel Bart fra Transport Simulation Systems (TSS). Sistnevnte samtale fant sted på The World ITS Congress 2015. For samtalen hos Asplan Viak var fokuset å få innsyn i deres fremgangsmåter for vegprosjekter, samt datagrunnlag. Samtalen med Dr. Emmanuel Bart var for å få generell «input» med deres kjennskap til oppsettet foreslått i denne prosjektoppgaven, samt å forhøre seg om TSS hadde kjennskap til lignende prosjekter. De to siste var med Pål Eskerud, Andreas Engebretsen, og Leif-Are Gundersen fra Focus Software og Vemund Erling Vennestrøm fra Vianova.

1.7.1 Asplan Viak

Joachim Salomonsen, vegplanlegger hos Asplan Viak, forklarte deres prosess for vegplanlegging i overordnet forstand. I dag bygger deres grunnlag på FKP-data eller laserscann fra fly eller helikopter. Selve prosjekteringen gjøres i Novapoint og AutoCAD og inkluderer også behandling av terreng og bygninger. Prosessen er vel innarbeidet og kjent i bedriften over flere år. Salomonsen var ikke selv kjent med eksport til 3ds Max, men kom med forslag til hvordan dette mulig kunne gjøres (Salomonsen, 2015).

Kent André Ringstad, Ingeniør/3D-Designer viste frem noen av Apln Viak sine former for 3D-visualisering. Primært bruker de Virtual Map for vegprosjekter, som er en Add-On til Novapoint. Dette er primærverktøy for 3D-visning av vegprosjekter til deres oppdragivere i dag. Siden grunnlaget allerede er bygget i Novapoint, er visualiseringen «oppe og kjører» meget fort. Den vises i sanntid, og flyter godt. Problemet med Virtual Map er at representasjonen ikke er visuelt realistisk nok, og derfor uaktuell for bruk i dette prosjektet. Ringstad tipset om Focus Software og satte meg i kontakt med Thomas Bjørslund Hansen. Focus Software utvikler blant annet en Add-On til Civil 3D for norske vegstandard. Etter samtale med Hansen ble man enige om å gjennomføre et intervju når arbeidet med masteroppgaven startet. Formålet med intervjuet blir å få økt innsikt i bruk av annen programvare enn Novapoint, samt kommunikasjonen og eksportfunksjonene mellom de ulike programvarene. Ringstad mente de blant annet kunne kommentere på utfordringen knyttet til overgangen fra Novapoint til 3ds Max. Infracore fra Autodesk ble nevnt av Ringstad som et effektivt verktøy for enkel og overordnet vegplanlegging i tidligfase. Siden Infracore er en

del av Autodesk serien, burde prosessen videre til 3ds Max være vesentlig enklere (Ringstad, 2015).

Både Salmonsens og Ringstad vil kunne være videre kontaktpersoner, om dette er ønskelig. Dette ble ikke benyttet, da man fant nødvendig støtte hos Multiconsult. Intervjuet med Thomas Bjørslund Hansen fra Focus Software utgitt, fordi man kom i kontakt med daglig leder Pål Eskerud, og en mer omfattende samtale ble gjennomført. Se del-kapittel «1.7.3 - Focus Software».

1.7.2 TSS

Dr. Emmanuel Bart, Project Manager fra Transport Simulation Systems (TSS) forteller at 3D-visualisering ikke er deres primære fokusområde. 3D-muligheten i AIMSUN er lagt til som følge av økt fokus på dette fra flere hold. Han forteller videre at han ikke har direkte kjennskap til prosjekter hvor man har brukt eksportert simuleringsdata fra AIMSUN i 3ds Max. Han påpeker at det allikevel er en velfungerende eksportfunksjon for akkurat dette formålet i AIMSUN.

Siden fokusområdet i AIMSUN ikke er en mulighet for 3D og han ikke hadde kjennskap til prosjekter av typen man tenker seg i denne oppgaven, var det ikke så mye mer å diskutere. Han synes like fullt at prosjektet var spennende og var åpen for ytterligere kontakt om det var ønskelig (Dr. Bart, 2015).

1.7.3 Focus Software

I forbindelse med en bedriftspresentasjon her ved NTNU, kom man i kontakt med daglig leder hos Focus Software, **Pål Eskerud**. Focus Software er et firma som leverer programvare, konsulenttjenester, kurs og brukerstøtte til arkitekter, ingeniører, entreprenører og andre aktører i byggebransjen» (focus.no, 2015).

En samtale og diskusjon rundt masteroppgaven ble gjennomført ved deres hovedkontorer i Sandvika. Hovedformålet var å få bedre innsikt i alternative metoder for prosjektering av vegger og hvordan dette kunne påvirke det videre arbeidet med 3D-visualisering. Deltakere var foruten Eskerud selv, **Andreas Engebretsen** og **Leif-Are Gundersen**, som begge er programvareutviklere hos Focus Software.

Focus Software utvikler blant annet tillegg til Civil 3D som skal gjøre vegprosjektering her i Norge enklere. Nye moduler for SOSI import og tilpasset oppsett etter Statens Vegvesen sin håndbok V770 - Modellgrunnlag, er blant de nye funksjonene som er implementert. Mer generelle forbedringer for vegprosjektering i Civil 3D, som også skal forenkle prosessen, er i stadig utviklingen hos dem.

Muligheten rundt prosjektering i Civil 3D ble diskutert, for å forsøke å lette arbeidet rundt overgangen fra modellgrunnlag til visualisering i 3ds Max. Det ble stilt spørsmål ved om det kunne være mulig å prosjektere opp aktuell vegstrekning på nytt i Civil 3D, og for å kunne lette prosessen videre. Civil 3D er nemlig nærmere knyttet 3ds Max og gjør datahåndteringen på tvers av programvarene lettere. Dette kommer også frem av Autodesk sine nettsider, hvor et oppsett for visualisering benytter nettopp Civil 3D for prosjektering og 3ds Max for visualisering (Autodesk, 2012). Gruppen hos Focus Software mente, at det til tross for mer effektiv prosjektering i Civil 3D kontra eksempelvis Novapoint, ville det bli et for tidkrevende arbeid å prosjektere opp aktuell vegstrekning fra bunnen av.

Fokuset for denne masteroppgave ligger heller ikke i selve prosjekteringen. Gruppen hos Focus Software rettet snarere blikket mot Autodesk Infracore. Infracore er et verktøy som gjør tidligfase-planlegging av blant annet vegprosjekter, effektivt og enkelt, gjennom en rekke intuitive verktøy (autodesk.com, 2016b). Gruppen hos Focus Software beskriver utviklingen av Infracore som et stort satsningsområde for Autodesk og som et ypperlig verktøy. Eksempelvis beskriver de Infracore å egne seg meget godt for presentasjon av ulike trasevalg for oppdragsgiver, tidlig i prosjekter. Gjennom kombinert bruk med Civil 3D, skal det være mulig å foreta tidligfaseplanlegging relativt raskt. De beskrev også en funksjon i Infracore kalt «Model Builder», som gjør det mulig å hente ut hele områder, inkludert terreng, vegnett og bygninger. Funksjonen baserer seg på Bing Maps, fra Microsoft, samt andre tjenester som Open Street Map, for å sikre dekningsgraden. For min masteroppgave ble Infracore anbefalt som kanskje det beste verktøyet (Eskerud et al., 2015).

1.7.4 Vianova

For møtet med Vianova var hovedfokuset å få innsikt i hvordan man kunne eksportere et vegprosjekt, prosjektert i Novapoint, til 3ds Max. Dette på bakgrunn av at det i prosjektoppgaven ikke lot seg gjøre å gjennomføre dette på en fornuftig måte, som gjorde videre arbeid i 3ds Max mulig. **Vemund Erling Vennestrøm**, 3D/VR-designer hos Vianova i Sandvika, viste deres fremgangsmåte for denne eksporten.

Eksempler for de fleste deler av prosessen ble vist gjennom et tilfeldig prosjekt Vianova hadde gjort klart for anledningen. Vennestrøm viste fremgangsmåten, samtidig som han kom med en rekke tips underveis. Det ble også pekt på utfordringer og begrensinger i Novapoint – Virtual Map og 3ds Max. Virtual Map er et visualiseringsverktøy nært knyttet prosjektering i Novapoint.

Det ble vist til at en strukturert laginndeling ved prosjektering er meget viktig for å skape en oversiktlig gruppeinndeling i Virtual Map. På den måten ble oppsettet mer effektivt og eksporten videre til 3ds Max en mindre krevende prosess. En god lag- og gruppeinndeling vil også gjøre håndteringen av de ulike importerte objekter i 3ds Max, langt enklere å sette i system.

Man kom frem til at den beste angrepsmåten, trolig ville være om Multiconsult kunne stille med en ferdig oppsatt Virtual Map modell, for aktuelt område. På den måten ville det bli spart tid i oppstartsfasen og det ville bli mindre å sette seg inn i. Vennestrøm fortalte at normalt sett ble vegprosjekter prosjekter i Novapoint, satt opp i Virtual Map for visualisering, i alle fall med enkel tilordning av teksturer (Vennestrøm, 2016).

1.8 Oppsummering av tilbakemeldinger og samtaler

Som det kommer frem av samtale og mailkorrespondansen over, har ulike aktører jobbet med visuelle fremstillinger av vegprosjekter, noenlunde likt det man ser for seg i denne oppgaven. En av hovedutfordringene var, ikke uventet, arbeidets omfang. Merarbeidet fører til at prisen går opp, og oppdragsgiver på sin side er ikke villig til å betale for denne ekstrakostnaden. Samtidig peker flere på fordelene ved en realistisk 3D-visualisering med trafikkmodeller og ønsker å satse mer på dette i fremtiden. Dette understøtter muligheten til å forsøke å skape en mer effektiv arbeidsprosess, som vil minske omfanget og kostnadene tilknyttet en slik oppgave. Forskningsspørsmålene er i all hovedsak formulert på bakgrunn av dette.

Gjennom samtalene med Focus Software og Vianova har man fått viktig innspill, og ikke minst hjelp i oppstartsfasen og i bearbeidelse av prosjekteringsgrunnlaget. Hjelpen har trolig vært avgjørende for gjennomførbarheten knyttet eksport av prosjektert vegstrekning til visualisering i 3ds Max.

Fra Focus Software har man også fått innsikt i hvordan prosjektering av veger kanskje kan bli mer effektivt i fremtiden. Hvor Infracore kanskje kan danne et bedre grunnlag for raskere oppsett av nødvendige prosjekteringsgrunnlag for å sette opp en 3D-visualisering med trafikkmodeller i 3ds Max. Spesielt interessant er hvordan tidligfase prosjektering i Infracore og Civil 3D, kan vise seg å være mer effektivt enn prosjektering og oppsett i Virtual Map.

Samtalene og mailkorrespondansen har pekt på viktige utfordringer og potensiale for utvikling av metodikken som foreslås senere i denne oppgaven. Man har også dannet seg et omriss av hvordan aktørene i dag ser på bruk av 3D-visualisering med trafikkmodeller, som blir viktig å ta med seg i det videre arbeidet.

1.9 Problemstilling og forskningsspørsmål

Man har i dag både teknologien til å gjengi vegprosjekter i realistisk 3D og avanserte modelleringsverktøy for trafikk.

Kombinasjonen av 3D-visualisering og trafikkmodeller er som beskrevet i bakgrunnskapittelet allerede gjennomført for enkelte vegprosjekter i Norge. Det vises til at dette er tidkrevende og dermed kostbart. Gjennom denne masteroppgaven vil man derfor prøve å svare på hvordan «flyten» i arbeidet kan bli mer effektiv og hvordan man således kan redusere timene som brukes på dette. Det vil også ses på hvordan prosjektene kan fremstilles på en mer helhetlig måte, med realistiske omgivelser og simulert trafikk, noe man håper vil gi beslutningstaker et bedre grunnlag for sine valg.

Basert på tilbakemeldingene som er mottatt, samt troen på å kunne utvikle en effektiv metode, er det blitt formulert ut en problemstilling og medfølgende forskningsspørsmål.

Problemstilling:

Hvordan effektivisere oppsettet for en 3D-visualisering av vegprosjekter med trafikkmodeller fra AIMSUN?

1.9.1 Forskningsspørsmål

Sammen med den konkrete problemstillingen følger forskningsspørsmålene. Disse skal støtte opp under problemstillingen og svar på de aspekter som må på plass for en effektiv metode.

- Hvilket grunnlag må modellen bygges på?
- Hvilken programvare og hvilke tillegg bør benyttes?
- Hvordan kan man oppnå høy presisjon mellom prosjekteringsgrunnlag og trafikksimuleringsnettverk på en redusert manuell måte?
- Hvilken maskinvare kreves?
- Hvordan skape mer virkelighetsnære presentasjoner av vegprosjekter?

1.10 Avgrensning

Datagrunnlag:

For å begrense en oppgave, som allerede dekker mange ulike aspekter, har det blitt arbeidet med ferdig prosjekterte vegstrekninger. Å prosjektere opp en egen vegstrekning ville krevd mye tid, og kunne i seg selv vært en masteroppgave. Dette kommer også frem av samtaler med gruppen hos Focus Software. Selv ved prosjektering med Civil 3D, som de mener er et mer effektivt verktøy enn Novapoint, ville dette blitt tidkrevende arbeid (Eskerud et al., 2015). Dette var heller ikke ønskelig, da hensikten var å benytte seg av et grunnlag som var så generelt representativt for et vegprosjekt som mulig. Ønsket var derfor å få et standardisert oppsett, prosjektert av en anerkjent aktør her i Norge.

Grunnlaget for denne oppgaven stammer fra Multiconsult sitt prosjekt «Gyllan – Røskaft» på Melhus, som er prosjektert i Novapoint. Dette er en ny 4-felts veg på 4,3 km med omliggende mindre veger, to rundkjøringer, to kulverter, kryss og ramper. Prosjektet føltes godt dekkende med tanke på å kunne teste alle aspektene av metodikken man skulle utvikle.

Trafikkmodellering i AIMSUN:

I AIMSUN ses det kun på hvordan opptegning av simuleringsnettverket kan effektiviseres og hvordan kjøretøyene gjøres klare for videre eksport. Det blir kun benyttet fiktive trafikk tall og det gjøres ingen kalibrering mot en evt. reell situasjon. Ønske er kun å teste hvilke muligheter som ligger i bruken av simulert trafikk fra AIMSUN. De tekniske aspektene knyttet til trafiksimuleringer og kalibrering, er på ingen måte inkludert i denne oppgaven. Kun de parametrene som er endret for å påvirke visualiseringen av kjøretøyene, er kommentert. For simulering i AIMSUN er, foruten enkelte kommenterte endringer, alle standardinnstillinger opprettholdt og ingen spesielle tilpasninger er gjort.

På bakgrunn av dette er det ikke inkludert input-data for oppsettet i AIMSUN, som vedlegg i denne oppgaven.

Oppgaven starter der prosjekteringen slutter. Det primære fokuset ligger i det videre arbeidet mot en 3D-visualisering med trafikkmodeller, hvor egnede fiktive trafikk tall benyttes for å teste ut potensialet for et slikt oppsett. Metodikken omfatter mange programmer og tillegg, men det er forsøkt holdt så konkret som mulig. Oppgaven inkluderer derfor det man mener er de mest sentrale aspektene for å oppnå ønsket resultat, samt de viktigste utfordringer og alternative løsninger.

1.11 Programvare

Programvaren brukt i denne oppgaven er bestemt av ulike grunner, men de er alle av siste versjon tilgjengelig. Grunnlaget for modellene stammer fra SOSI (FKB-data) og er prosjektert i Novapoint og Autodesk AutoCAD. Det er dette Multiconsult i hovedsak bruker for vegprosjektering, og det er ønskelig å holde seg tett til deres mønster for bruk av programvare (Jensen, 2016). Novapoint er dessuten en meget komplett pakke for vegprosjektering i Norge (vianovsystems.no, 2015c). Multiconsult bruker også TSS AIMSUN for trafikkmodellering, men også dette er en velkjent programvare med stor funksjonalitet (aimsun.com, 2015b, Grønlund, 2015). Det undervises også i AIMSUN i faget TBA4286 - Trafikkavvikling og ITS ved NTNU.

Autodesk 3ds Max 2016 er valgt med utgangspunkt i tre hovedargumenter. For det første gir integrasjonen med tillegget «Civil View», som nå er del av programvaren, en rekke fordeler for visualisering av vegprosjekter (help.autodesk.com, 2016d). Blant annet gir «Civil View» muligheten for import av data fra simuleringer gjort i trafikkmodelleringsverktøy som AIMSUN og VISSIM (help.autodesk.com, 2016c). Flere norske aktører bruker nettopp disse programvarene i sine prosjekter. Det tredje er muligheten for tillegg som iToo Software sin Forest Pack Pro, som gjennom denne oppgaven viser seg meget viktige for en realistisk fremstilling av vegetasjon i terrenget rundt vegen. Forest Pack Pro er også brukt av Multiconsult i tidligere prosjekter (Zapart, 2016).

Det ble utviklet en spesialavtale med nettopp iToo Software, da de ikke tilbyr studentlisens for Forest Pack Pro. En fullversjon med ett års lisens ble gitt under forutsetning av at de får tilgang til animasjonen laget. Det vil også bli skrevet en case-studie for deres sosiale mediekkanaler. Veileder ved NTNU, Arvid Aakre er informert om dette.

For rendering, altså overgangen fra 3D-prosjekteringsgrunnlag til faktisk realistisk visualisering, ble primært to forskjellige programvarer undersøkt. Mental Ray fra NVIDIA og V-Ray, utviklet av Chaos Group. Disse er begge kraftige renderingsmotorer, med bred funksjonalitet og realisme i sine fremstillinger (nvidia-arc.com, 2015, vrayforc4d.net, 2015). Det finnes flere, men man valgte å begrense testene til disse to. Dette skyldes at dette ofte er en kostbar programvare og at det kreves kompatibilitet med Forest Pack Pro (itoosoft.com, 2015). Og så lenge det var kjent at programvaren som ble brukt var anerkjent og god, ble det satt av mer tid til dette i denne omgang.

Aktuell programvare for hver del av oppgaven, samt tilleggene er introdusert der den benyttes.

1.12 Forkortelser og begreper

Tabell 1 - Forkortelser og begreper

Forkortelse/begrep	Forklaring
GPU	Engelsk forkortelse for « G raphics P rocessing U nit». Brukes i denne oppgaven som forkortelse på skjermkort.
CPU	Engelsk forkortelse for « C entral P rocessing U nit». Brukes i denne oppgaven som forkortelse på datamaskinens prosessor.
Rendering	Rendering gjøres av alle objekter i scenen for å vise modellen på en visuelt realistisk måte. En lyskilde, som sola eller lys fra lyktestolper må også inkluderes for at renderingen skal kunne gjennomføres. Renderingsprogramvaren beregner deretter farger og lysstyrke for hvert bilde i animasjonen, med utgangspunkt i dataen knyttet til objektene og lyskilden (snl.no, 2009).
Render passes	«Render passes» er rå-elementer, som lys, skygger og refleksjoner. Renderingsmotoren kalkulerer alle nødvendig rå-elementer og setter disse samme til det endelig bildet (Busk, 2016). I denne oppgaven brukes «render passes» som et mål på bilde kvalitet, da det forteller noe om hvor mange kalkuleringer som er gjort for det endelig resultatet.
VM	Forkortelse for: Vianova Systems - Novapoint V irtual M ap
Simuleringssteg/steglengde	Oversettelse fra engelsk; «simulation step». Dette er oppdateringsfrekvensen for hvor ofte AIMSUN, blant annet, lagrer data for kjøretøyenes koordinater gjennom en simulering.
Trafikksimuleringsnettverk	Egen norsk betegnelse på vegnettet som bygges i AIMSUN for trafikksimuleringer
FKB/SOSI	« S amordnet O pplegg for S tedfestet I nformasjon (SOSI), er den største nasjonale standarden for geografisk informasjon. SOSI er også et mye brukt filformat for norske kartdata.» (kartverket.no, 2015). SOSI formatet for en oppgave som denne bygger på felles kartdatabase (FKB-data), også fra Statens kartverk, og inkluderer data som terrengform, kyst og sjø, bygninger, vegnett og en rekke andre kartdetaljer. FBK forekommer med ulik nøyaktighet etter behov (Mæhlum, 2011).

2. Metode

2.1 Formål, tilnærming og fokusområder

Metodedelen i denne oppgaven er formulert som en «oppskrift» på hvordan sette opp en 3D-visualisering av vegprosjekter med trafikkmodeller. Den inneholder også tanker om, og forklaring på hvorfor den er satt opp som den er. Men, det primære fokuset er altså fremgangsmåten. Gjennom bruk av metoden håpes det at det skal være mulig å sette opp en 3D-visualisering, uavhengig av prosjektert vegstrekning og hvilke trafikkdata som ligger til grunn. Det eneste kravet som stilles, er basiskunnskap til programvaren som brukes.

Selve utviklingen av metoden er blitt tatt steg for steg, og utførelser er blitt løst der de har oppstått. I all hovedsak har tillært kunnskap stammet fra aktuelle nettsider, hvor brukere med tilnærmet samme utfordringer, har foreslått løsninger. Det vises da gjerne til manualer og hvordan utnytte muligheten i de ulike verktøyene.

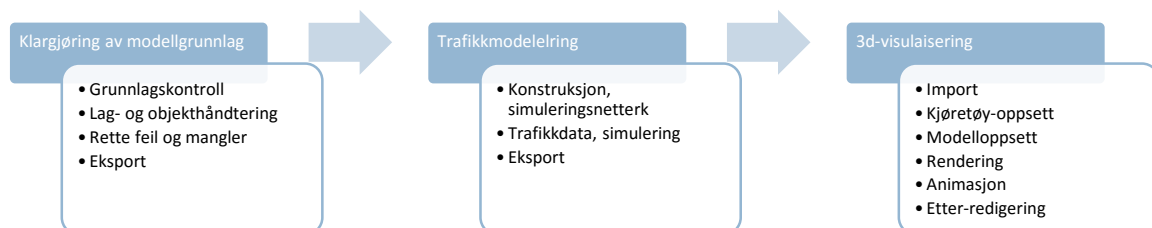
På mange områder har man likevel ikke klart å oppdrive teknikker og løsninger, mulig for overføring til utvikling av metoden i denne oppgaven. For disse tilfellene har brukermanualene til den aktuelle programvaren blitt brukt. Man har også satt seg inn i, og testet mulighetene som ligger i de forskjellige verktøyene, med utgangspunkt i hva det har vært ønskelig å oppnå. Sistnevnte tilnæringsmetode er mye brukt.

Gjennom hele prosessen er det blitt gitt tilbakemeldinger og hjelp fra veileder Thomas Jensen hos Multiconsult. Jensen har spesielt bidratt inn mot programvaren Novapoint og Virtual Map og med hvordan grunnlaget herfra, kunne eksporteres til 3ds Max for videre behandling. Det er også blitt gitt innspill på hvilke deler av metoden Multiconsult fant mest interessant og økt dermed fokuset her. Dette gikk blant annet på bruk av V-Ray for rendering og hvilke renderingstider det var mulig å oppnå (Zapart, 2016).

Tilbakemeldingen man har fått fra aktuelle norske aktører, har også spilt en meget viktig rolle. Gjennom metodeutvikling blir det gjort forsøk på å løse de utfordringer bransjen har pekt på som mest utfordrende, samt å utvikle metoden så levedyktig at den kan konkurrere med tradisjonell 3D-visualisering av vegprosjekter, uten trafikkmodeller.

2.2 Metodens oppbygning

Metoden er 3-delt og satt opp slik det fremkommer av figur 3. Den er bygget slik det er blitt funnet mest effektivt, med tanke på å kunne skape den endelige animasjon, og presentasjon av et gitt vegprosjekt. Hvert steg i figur 3 utgjør et del-kapittel for metoden. I del-kapitlene introduseres aktuelle programvarer og filformater. Disse introduseres første gang de benyttes, men kan bli brukt flere ganger gjennom metodikken.



Figur 3 - Metode: fremgangsmåte

2.3 Klargjøring av modellgrunnlag

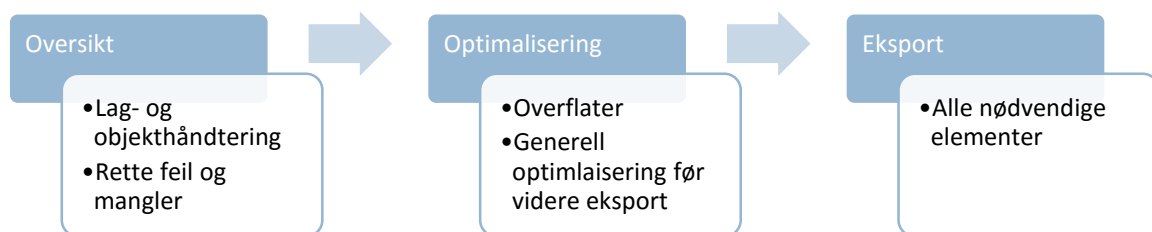
I klargjøringsfasen legges det vekt på at grunnlagsdata skal gi en enkel og effektiv arbeidsflyt i det videre arbeidet. Man skaffer seg oversikt over modellområdet og gjør et anslag på hvor omfattende arbeid vil bli.

Nødvendig datagrunnlag for det videre arbeidet består i allerede prosjektert vegstrekning og ferdig oppsatt Virtual Map modell. Med dette menes en vegstrekning prosjektert Novapoint / AutoCAD, i rett koordinatsystem og med alle elementer satt opp.

Dette inkluderer alt fra selve vegen, til kulverter, skilt, terrengmodell og ortofoto. Enkelte elementer som lyktestolper kan modelleres opp på senere tidspunkt. Mindre feil ved enkeltelementer eller overflate kan det også rettes opp i, men jo bedre grunnlaget er, jo mindre tidkrevende blir det videre arbeidet. Man vil komme nærmere inn på hvilke deler av modellen som det overkommelig kan rettes opp i og hvilke elementer som kanskje best lar seg konstruere i 3ds Max.

Merk at man ikke må benytte et grunnlag som stammer fra prosjektering i Novapoint. Basert på erfaringer fra denne oppgaven, kommer det frem at et hvilket som helst prosjekteringsverktøy, i stand til å eksportere grunnlagsmodellen objekt for objekt, vil være tilfredsstillende.

Det primære fokus ligger i å skaffe seg oversikt over veg- og terrengmodell og gjøre dette klart for videre eksport til 3ds Max. Dette inkluderer også objekter som skilt og lyktestolper, og konstruksjoner tilhørende modellen som broer og kulverter. Ettersom denne oppgaven bygger på allerede oppsatt modell i VM er dette et godt sted å starte. 3D visningen her gir et meget godt utgangspunkt for generell oversikt, samt tydeliggjøring av feil og mangler i modellgrunnlaget.



Figur 4 - Fremgangsmåte for klargjøringsfase

2.3.1 Aktuell programvare

Tabell 2 - Klargjøring av modellgrunnlag: Aktuell programvare

Program:	Info:
Vianova Systems – NovapointDCM (19.35)	«NovapointDCM er et profesjonelt konstruksjonsverktøy for konstruksjon av infrastruktur. Programvareløsningen tilbyr prosjektering av veg, jernbane, sjø- og luftfartsanlegg.» og «er basert på en informasjonsmodell hvor infrastrukturinformasjon flyter mellom alle faser: planlegging og prosjektering, bygging og forvaltning (vianovasystems.no, 2015c).
Vianova Systems - Novapoint Virtual Map (VM) (7.1.1)	«Novapoint Virtual Map konverterer tverrfaglige prosjekteringsdata til en detaljert Virtual Reality-presentasjon i 3D». Det er et raskt verktøy for presentasjon av for eksempel vegprosjekter i 3D og er linket mot prosjektering i Novapoint.
Autodesk - AutoCAD 2016	AutoCAD brukes til alt fra tegning av databrikker til vegprosjektering, både i 2D og 3D (study.com, 2015).
Autodesk - AutoCAD Civil 3D	AutoCAD Civil 3D er et verktøy for plan, prosjektering og administrering av siv.ing. relaterte prosjekter som for eksempel innen infrastruktur (edulearn.com, 2014). Civil 3D er nært knyttet 3ds Max, som gjør utveksling av modellgrunnlag meget enkelt (Autodesk, 2012).

2.3.2 Aktuelle filformater

Tabell 3 - Klargjøring av modellgrunnlag: Aktuelle filformater

Filtype:	Info:
.DWG	DWG er et filformat brukt i en rekke av Autodesk CAD programvarene. Design, geodata, kart og ortofoto er eksempler på data som kan lagres på dette formatet (autodesk.com, 2015b).
.vm	Novapoint – Virtual Map sitt filformat for lagring av tverrfaglig 3D modell (vianovasystems.no, 2016).
.FBX	Filformatet er mye brukt for overføring av data mellom ulike programvarer. .FBX inneholder typisk data for modell geometri, materialer (teksturer), lys-system og animasjons sekvenser (Macalister, 2013).
.obj	Dette filformatet er også populært og brukt som utvekslingsformat mellom ulike modellerings-verktøy. Geometri som linjer, polygoner, kurver og overflater lagers og er lesbart av en rekke programvarer (fileformat.info, 2016). Teksturer følger med, men lagres som ekstern bildefil.
.JPG/jpeg	«Joint Photographic Experts Group» er en standardisert metode for komprimering av bildedata (coolutils.com, 2015). Ortofoto er typisk levert på dette formatet (coolutils.com, 2015). Filformatet er også, sammen med .png, utbredt som filformat for teksturer i modellene.

2.3.3 Lag- og gruppehåndtering

Bruk av lag og grupper i AutoCAD og VM (modellbygger) er essensielt for eksport videre til 3ds Max. Alle elementer i modellen må være tilordnet en gruppe, før de kan eksporteres. En gruppe eksporteres deretter som et objekt (wikinova.info, 2016).

Laghåndteringen styres ved prosjektering i Novapoint/AutoCAD og alle polygoner, altså 3D elementer tilordnes lag (help.novapoint.com, 2016). Ser man for eksempel på en vegstrekning er denne modellert i 3D ved hjelp av en rekke polygoner og disse er altså tilordnet et lag. Disse lagene tilordnes dernest grupper ved hjelp av modellbyggeren til Virtual Map (wikinova.info, 2016).



Figur 5 - Fremgangsmåte, lag- og gruppeinndelinger

Feil, mangler og optimalisering av lag- og gruppeinndeling:

Feil eller mangler for lag og grupper kommer typisk frem ved at ikke alle lag er tilordnet en gruppe. Ved eksport vil man derfor få en tom fil. Opprettingen er ikke krevende, det handler heller om å skaffe seg oversikt over manglende gruppetilhørighet.

Laginndeling for vegoverflate:

Når kjøretøy senere skal tilpasses vegbanen, gjøres dette gjennom funksjonalitet bygget inn i 3ds Max, gjennom tillegget Civil View. Dette er beskrevet senere i kapittel «2.5.6 - Kjøretøyplassering til overflategeometri». Kort fortalt er tiden denne prosessen tar, blant annet direkte tilknyttet antall polygoner i overflaten. Det er derfor viktig at lagene, og videre gruppen som danner denne overflaten, kun inneholder den faktisk vegoverflate for trafikk.

For å løse dette, splittes gruppen for vegoverflate i to, en for trafikk, og en for de resterende områdene. På denne måten holder man antall polygoner til et minimum for områder som senere belegges med trafikk.

Spesialtilfelle: Kryssende trafikk over to eller flere plan:

En litt spesiell situasjon oppstår ved kryssende trafikk over to eller flere plan. Gruppen/objektet som danner vegbanen vil her, for et gitt x,y-koordinat, inneholde to høyder (z-koordinater). Det fins ingen automatikk for å løse dette i Civil View og alle kjøretøy virker å bli gitt en vilkårlig verdi, fra en av de to z-koordinaten. Dette resulterer i at kjøretøy som skulle gått under for eksempel broer eller gjennom tunneler, «spretter» opp i disse situasjonen. Se figur 6.

I disse situasjonene tilordnes polygonene som danner delen av vegen som enten går over eller under hovedvegen i en egen gruppe. Ved eksport gjennom VM blir denne lille biten av vegbanen et eget objekt. All trafikk, som i situasjonen på figur 6, blir først tilordnet det arealet som utgjør den største delen av vegbanen, for så å tilpasses det lille elementet i kulverten. På den måten sørger man for å tilordne kjøretøyene i rett høyde ved trafikk over flere plan.



Figur 6 - Eksempel på feiltilpasset verdi for høyde

2.3.4 Overflategeometri

Vegbane:

Overflategeometrien for vegbanen kan ikke inneholde større avvik. Med dette menes at vegbanen må være så jevn som mulig uten skarpe overganger i geometrien. Sagt på en annen måte, så nær virkeligheten som mulig. Dette skyldes senere prosesser hvor kjøretøy, både i høyderetning (z-akse) og tilt, skal tilpasses underlaget.

Det er ikke så lett å få øye på disse feilene, men de oppstår typisk i overganger mellom ulike elementer av vegtraseen. For eksempel mellom en avkjøringsrampe og en rundkjøring. Men feilene fremstår tydelig når kjøretøyene senere tilpasses underlagsgeometrien, og det kan derfor være lurt å se over animasjonen i 3ds Max før den renderes ut.

Feiloppretting av underlagsgeometrien gjøres direkte i AutoCAD Civil 3D. Man sletter et litt større område enn der feilen ligger og tegner nye 3D polygoner. Disse må tegnes inn på en måte som gir jevnere overganger.

Viktig å merke seg er at vegoppmerkingen (hvit og gul) er faktiske 3D objekter. Om disse objektene ikke inkluderes vil det bli hull i vegdekket. Der kjøretøy krysser denne oppmerkingen, kan det derfor være nødvendig å inkludere tilpassing til oppmerkingen som underlag. Dette forhindrer at kjøretøy faller gjennom modellen på disse punktene. Det er sjelden et problem for gul oppmerking, men der kjøretøy bytter felt (krysser hvit oppmerking), ser man ofte at problemet oppstår. Dette kan også gjelde gangfelt, som er en del av den hvite vegoppmerkingen.

Omkringliggende områder, inkludert terrengmodell:

Områdene som omslutter vegen og ikke er gang/sykelsti, konstruksjoner, elver eller vann, danner underlaget for modellering av vegetasjon. Disse områdene er ikke like sårbare for feil som vegoverflatene. Så lenge disse områdene ikke har synlig, store avvik i geometrien, eller

inneholder hull, bør man kunne erklære grunnlaget som tilfredsstillende. Hull i geometrien oppstår erfaringsmessig, også her, og er typisk i overganger mellom ulike elementer.

Oppretting av feil fungerer på samme måte som for vegbanen. I AutoCAD Civil 3D slettes feilen, før det tegnes inn nye polygoner som så danner det nye grunnlaget for modellering av vegetasjon. Andre mer primitive teknikker, kan også benyttes. For eksempel kan man kopiere opp en eksakt kopi av et objekt og flytte denne kopien nok til å dekke over hull i geometrien. Merk at dette ikke alltid vil gi gode nok resultater, spesielt ikke for teksturer med stor variasjon. Teknikken er likevel betydelig raskere enn å tegne opp enkeltpolygoner.

2.3.5 Eksport

Med utgangspunkt i Novapoint Virtual Map modellen for dette prosjektet, eksporteres én gruppe av gangen. Alle grupper eksporteres som objekter (.obj), med unntak av asfaltdekke som skal brukes for trafikk. Dette eksporteres som .fbx.

Når et objekt eksportert fra VM importeres i 3ds Max, er det som et samlet objekt (wikinova.info, 2016). Dvs. at om en rekke lyktestolper importeres, kan de i utgangspunktet ikke behandles individuelt. Redigering, som flytting eller sletting, vil da gjelde for alle lyktestolper samlet. Det er allikevel mulig å redigere objektets polygoner. Man kan derfor redigere individuell lyktestolpe ved å velge alle polygoner den er satt sammen av og slette disse. Slik redigering kan være nyttig, men blir ofte tungvint. En god gruppeinndeling, og påfølgende eksport av dets objekter, er derfor viktig for å kunne holde et effektivt og oversiktlig arbeid videre.

Selve eksporten skjer gjennom «eksporter geometri» i VM. Her velges gruppen som skal eksporteres og filformatene man ønsker objekt på. I tillegg kan man velge origo for modellen (wikinova.info, 2016). Om origo ikke velges, vil man jobbe videre i faktiske georefererte (virkelige) koordinater i 3ds Max. Dette skaper problemer for tillegget Civil View i 3ds Max som brukes mye i denne oppgaven. Eksempelvis blir ikke kjøretøy riktig håndtert ved oppsett, om man jobber lang fra koordinaten 0,0,0 (x,y,z). Mer om dette i kapittel 6.4.1. Virkelig senter for modellen i denne oppgaven er: (87200,1568400,0) (x,y,x, i meter). For å jobbe rundt (0,0,0) i 3ds Max trykker man «senter» knappen i VM. Dette gir virkelig koordinater for senter av modellen, som gjør at senter for objektet som eksporteres blir i koordinatet 0,0,0 i 3ds Max.

Når disse valgene og innstillingen er gjort, er eksporten klar. Eksporten tar typisk kun noen sekunder for en gruppe i et modellgrunnlag som dette. Det er likevel en viss tid, ettersom gruppene må eksporteres en og en.

2.3.6 Eksporterte objekter

Listen er alfabetisk sortert, etter gruppenavnene for modellgrunnlaget brukt i oppgaven.

Tabell 4 - Eksporterte objekter

Eksportert objekt:	Beskrivelse:
Brustein	Dette er kun senter-øyene på de to rundkjøringene i modellen. En feil i geometrien, ved manglende kant (fra vegdekke og opp), ble tegnet inn før eksport.
Hus	Dette er alle bygninger i modellen. Bygningene ble eksportert som de er, uten inkluderte teksturer. Teksturer har vist seg både tidkrevende å legge på, og krever mer datakraft ved rendering. Bygninger er heller ikke et av fokusområdene for denne oppgaven, men er i sin enkle forstand inkludert for å skape større troverdighet til det endelige resultatet.
K – Teknisk bygg	Denne gruppen inneholder to kulverter og broen i senter av modellen. Geometrien er korrigert både for broen og den ene kulverten, som begge skar gjennom vegdekket. Teksturene er beholdt som de er.
LARK_Landbruk	Dette er alle områder som inkluderer landbruk, men er ikke en del av det landbruket man ser på den generelle terrengmodellen for området. Teksturene ble beholdt som de er, da det uansett er planlagt å tegne vegetasjon over i det endelige resultatet.
LARK_terreng	Gruppen utgjør, sammen med «Veg – Sideområde», alle gressbelagte områder direkte tilknyttet den nye vegtraseen. Som for LARK_Landbruk ble teksturene beholdt som de er.
Mur	Dette er små områder ved skjæringer eller kulverter.
NTM_ortofoto_terreng	Dette er hele terrengmodellen for prosjektet, inkludert ortofoto. Ortofoto ble både brukt som synlig tekstur, i endelig fremstilling, og som grunnlag for hvor det skal tegnes vegetasjon.
Vann – Bekk	En liten bekk renner ut i elva. Teksturene ble inkludert, men byttet ut i 3ds Max til bevegelig vann.
Veg – Annet	Lagene for denne gruppen var opprinnelig en del av «Veg – Asfalt» (som brukes for områder med trafikk), men som nevnt er det ønskelig å holde det totale antall polygoner nede for trafikkbelagte områder. Inkludert i «Veg – Annet» finner man derfor gang- og sykkelstier, innkjørsler til eiendommer mm. Teksturer ble beholdt.
Veg – Asfalt	Et av de mest sentrale objektene for denne oppgaven. Her finner man hele vegdekket ment for trafikk og som beskrevet tidligere er geometrien derfor sårbar for feil og mangler. Oppretting ble gjort i AutoCAD Civil 3D, og ny lagfordeling for gruppen ble satt opp før eksport. Ny tekstur ble brukt for økt realisme ved rendering.
Veg - Asfalt midtdeler	Dette er kun asfaltdekket under midtdeleren, som ble skilt ut som egen gruppe av samme grunn som «Veg – Annet». Altså for å begrense kompleksiteten for «Veg – Asfalt»
Veg – Bru	Som beskrevet i avsnittet «Kryssende trafikk over to eller flere plan» i kapittel «2.3.3 - Lag- og gruppehåndtering» er det nødvendig å skille ut de elementene av vegen som går over/under annen veg. Dette objektet danner kun broen over hovedvegen, omtrent midt i modellen.
Veg – Oppmerking gul	Inkluderer all gul vegoppmerking for dette prosjektet. Som beskrevet tidligere er dette også 3D objekter og ikke bare tekstur lagt over vegoverflaten. De eksporteres derfor ikke kun for det visuelle, men også for å unngå hull i vegoverflaten. Kjøretøy tilpasses også disse linjene,

	sammen med «Veg – Asfalt» for å forhindre at de faller gjennom modellen. Teksturer ble beholdt.
Veg – Oppmerking hvit	Inkluderer all hvit vegoppmerking for dette prosjektet. Ellers gjelder det samme som for gul oppmerking.
Veg – Rekkverk	Dette er alt av autovern i modellen, utenom midtdeler. Det var ikke ønskelig å beholde dette objektet, da antall polygoner var langt høyere enn for alle andre objekter i modellen. Prosessen det ville blitt å tegne opp nytt med andre teknikker i 3ds Max, ville allikevel blitt for tidkrevende, og autovernet ble derfor beholdt i sin originale form. Teksturer er beholdt.
Veg – Sideområde	Gruppen utgjør, sammen med «LARK_terreng», alle gressbelagte områder direkte tilknyttet den nye vegtraseen. Som for LARK_Landbruk ble teksturene beholdt som de var.
Veg - Skilt stolpe	Som navnet tilsier er dette alle skiltstolper i modellen. I dette modellgrunnlaget var disse ikke modellert opp i 3D og besto kun av 2D teksturer. Dette er lite egnet for en visualisering. Gruppen ble allikevel eksportert, men da gjennom en metode beskrevet i kapittel «2.5.9 - Supplerende objekter», under avsnittet «Ikke-gjentakende objekter». Gjennom metoden brukte man kun lokasjonen for alle stolpene til å plassere 3D-stolper som erstatning.
Veg - Stil langs elv	En grus-sti langs eleven ble eksportert for å unngå hull i terrengoverflaten og for å skape mer variasjon og realisme i modellen. Teksturen ble beholdt.
Veg – Støyskjerm	En prosjektert støyskjerm ble eksportert også her for å skape mer variasjon og realisme i modellen. Teksturer ble beholdt.
Veg – Undergang bru	Som for «Veg – Bro» var det nødvendig å skille ut de elementene av vegen som går over/under hovedvegen. I dette tilfellet gjelder dette for en kulvert under hovedvegen.
VMD_Signs	Inneholder alle skilt i modellen. Disse består kun av teksturer og visningen blir ikke optimal i 3ds Max. Det ble ikke satt av særlig med tid til å rette opp i dette.

2.3.7 Ikke-eksporterte objekter

Noen grupper er ikke eksportert ut av VM, men heller modellert opp i 3ds Max. Hvilke dette er og årsak, følger under.

Tabell 5 - Ikke-eksporterte objekter

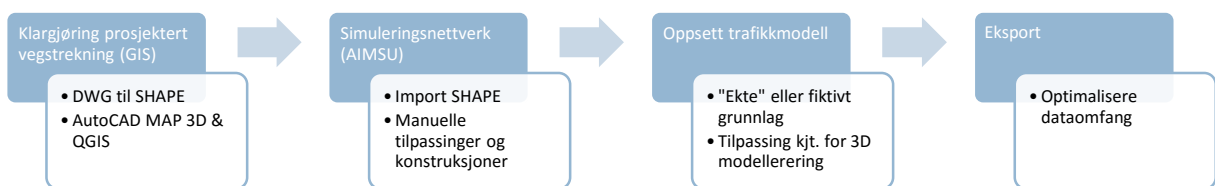
Objekt:	Beskrivelse:
EL – Lysmast	Lysmastene i VM modellen er kun 2D teksturer og lite egnet for videre visualisering. Disse er derfor modellert opp ved hjelp av tillegget Civil View i 3ds Max. Mer om dette i kapittel 2.5.9.
Skog	Skog eksportert fra VM, er som lykestolpene, kun 2D teksturer. Forest Pack Pro ble brukt for all vegstasjon i 3ds Max for et mer realistisk resultat. Mer om dette i kapittel 2.5.11.
Veg – Midtdeler	Midtdeleren var som autovernet i modellgrunnlaget komplekst og av stor data mengde i forhold til andre objekter i modellen. Det er derfor lite ønskelig å importere dette i 3ds Max. Civil View ble igjen brukt for en mindre komplekst, men fortsatt realistisk fremstilling. Mer om dette i kapittel «2.5.9 - Supplerende objekter».

2.4 Trafikkmodellering

Trafikkmodellering gjennomført i denne oppgaven brukes som grunnlag for kjøretøyene visualisert i den endelige animasjonen. Dette er et av fokusområdene, hvor man ønsker å gi beslutningstakere for vegprosjekter et mer helhetlig bilde av både dagens og fremtidige situasjoner.

Det er ikke brukt data fra RTM (Regional transportmodell), NTM (Nasjonal transportmodell), tellinger eller andre kilder. Oppsettet er helt fiktivt og all innputt-data er satt etter eget ønske for å vise potensialet for metodikken som utvikles. Det vil bli fremstilt både fri-flyt og kø situasjoner, og samtidig testes det hvordan dataverktøyene bruk, håndterte større datamengder.

I figur 7 vises det hvordan man tenker seg at arbeidsflyten for trafikkmodellering, inkludert opptegning av trafikksimuleringsnettverk, vil se ut.



Figur 7 - Fremgangsmåte for trafikkmodellering

2.4.1 utfordringer i dag

Som det kommer frem av kommunikasjonen med ulike aktuelle aktører i Norge, se kapittel «1.6 -Kunnskapsinnhenting per mail», er det tidkrevende arbeid å konstruere vegnettet for simuleringen. Dette skyldes i stor grad presisjonen som kreves. Dvs. hvor godt vegnettet tegnet opp for simuleringen, er tilpasset vegmodellen for prosjektet. Det er derfor lagt vekt på å finne et effektivt oppsett for dette.

Det er også knyttet utfordringer til datamengden man jobber med, om antall kjøretøy i scenene blir for stor. Nøyaktig hva som menes med «for stor», vil være avhengig av mange ulike faktorer, i tillegg til antall kjøretøy. Dette går på maskinvare brukt, renderingsprogramvare osv. Dette kommer frem av resultatdelen av oppgaven, hvor det er gjennomført tester på akkurat dette. Man prøver derfor å presse grensene for hva modellen kan inneholde av total data, både hva kjøretøy angår, men også vegetasjon, terrengmodell og andre elementer.

2.4.2 Aktuell programvare

Tabell 6 - Trafikkmodellering: Aktuell programvare

Program:	Info:
TSS - AIMSUN (8.1.2)	TSS AIMSUN er et trafikkmodelleringsverktøy som brukes av offentlige etater, konsulentselskaper og universiteter over hele verden. Det gjør det mulig å modellere trafikk; altså sette opp simuleringer for alt fra en enkel vegstrekning til hele byer. Det brukes blant annet i planfasen til å optimalisere eksisterende eller nye vegnettverk og få oversikt over tilknyttede miljøkonsekvenser (aimsun.com, 2015b).
QGIS Desktop 2.14	QGIS er basert på åpen kildekode, er gratis og utviklet på frivillig basis. Det støtter en rekke formater og funksjoner for håndtering av vektorer, raster og databaser tilknyttet GIS. Det kjører også på flere populære plattformer, som Windows, Linux, Unix, Mac OS X og Android (qgis.org, 2016).
Autodesk - AutoCAD MAP 3D 2016	Modellbasert GIS- og karttegningsprogramvare, levert av Autodesk. Brukes for GIS- og CAD data i sammenheng med plantegninger, design og datastyring (autodesk.no, 2016). Programvaren gjør det blant annet mulig å konvertere dwg til ESRI SHP filer (knowledge.autodesk.com, 2016f).

2.4.3 Aktuelle filformater

Tabell 7 - Trafikkmodellering: Aktuell filformater

Filtype:	Info:
.ang	Standard filformatet AIMSUN lagrer prosjekter. Holder all tilgjengelig data lagt inn i for nettverk og simulering
.FZP	Filformatet gjør det mulig å eksportere kjøretøyenes lokasjon (x, y koordinater) til 3ds Max gjennom en simulering. Fra og med versjon 8.0.2 eksporteres også z-koordinaten, altså høydeinformasjon (aimsun.com, 2015a)
.osm	OpenStreetMap sitt eksporterte filformat. Inneholder kartdata, som blant annet vegnettverk for en rekke steder verden over (mapwel.net, 2015). OpenStreetMap er en åpen tjeneste der hvem som helst kan bidra med kartdata. Merk derfor at dette ikke er en sikker kilde (openstreetmap.org, 2016).
.SOSI	.SOSI «Samordnet Opplegg for Stedfestet Informasjon (SOSI), er den største nasjonale standarden for geografisk informasjon. SOSI er også et mye brukt filformat for norske kartdata.» (kartverket.no, 2015). SOSI formatet for en oppgave som denne bygger på felles kartdatabase (FKB-data), også fra Statens kartverk, og inkluderer data som terrengform, kyst og sjø, bygninger, vegnett og en rekke andre kartdetaljer. FBK forekommer med ulik nøyaktighet etter behov (Mæhlum, 2011).
.shp	ESRI SHAPE. Et format for lagring av lokasjon, form og attributter for geografisk data på vektor form (doc.arcgis.com, 2016).

Hvorfor AIMSUN:

AIMSUN er valgt for denne oppgaven fordi Multiconsult bruker dette verktøy til trafikkmodellering (Grønland, 2015). Dette er også brukt i undervisning i her ved NTNU, samt at det gjennom sommerjobb hos Asplan Viak (2015) har vist å inneha funksjonaliteten som trengs for denne type visualisering.

Hvorfor QGIS:

Det kreves kun enkel funksjonalitet innen GIS-verktøy i denne oppgaven, og det er derfor ønskelig å unngå bruk av kostbar programvare. Etter testing av både ESRI - ArcMap og QGIS viste begge seg å ha nødvendig funksjonalitet. QGIS er gratis og valget falt derfor på denne programvaren.

Hvorfor AutoCAD MAP 3D 2016:

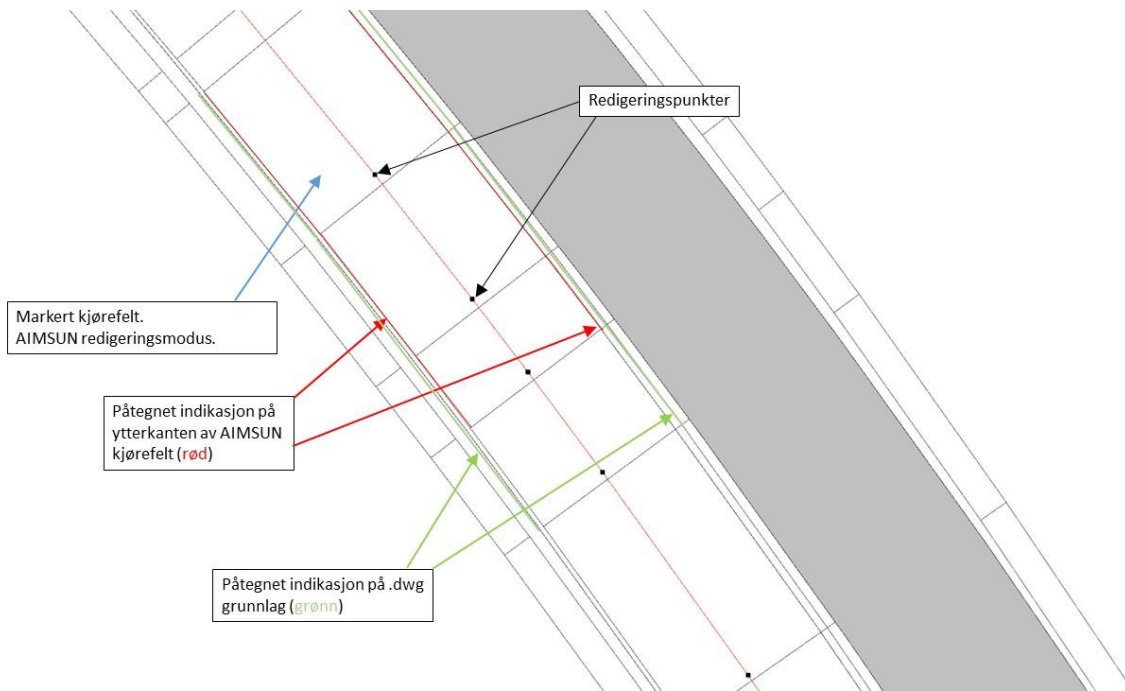
I skrivende stund var dette den eneste «gratis» programvaren man klarte å oppdrive, som kunne konvertere .dwg filer til .shp filer. Med «gratis» menes en studentversjon med fri bruk så lenge man er tilknyttet et utdannings-sted. Dette innebærer at det kun er mulig å bruke lisensen tilknyttet undervisning eller læringsformål. Lisensen er ikke gyldig for kommersielt bruk (autodesk.com, 2016a). Dette er lite ønskelig, fordi arbeidsgiver på senere tidspunkt blir nødt til å betale for normal lisens. På den annen side er dette eneste programvare i oppgaven hvor tid og bruk av funksjonalitet ikke føles verdig prisen per lisens. Det er derfor ikke blitt prioritert å bruke mer tid på å finne en annen løsning.

2.4.4 Konstruksjon av vegnettverk for simulering

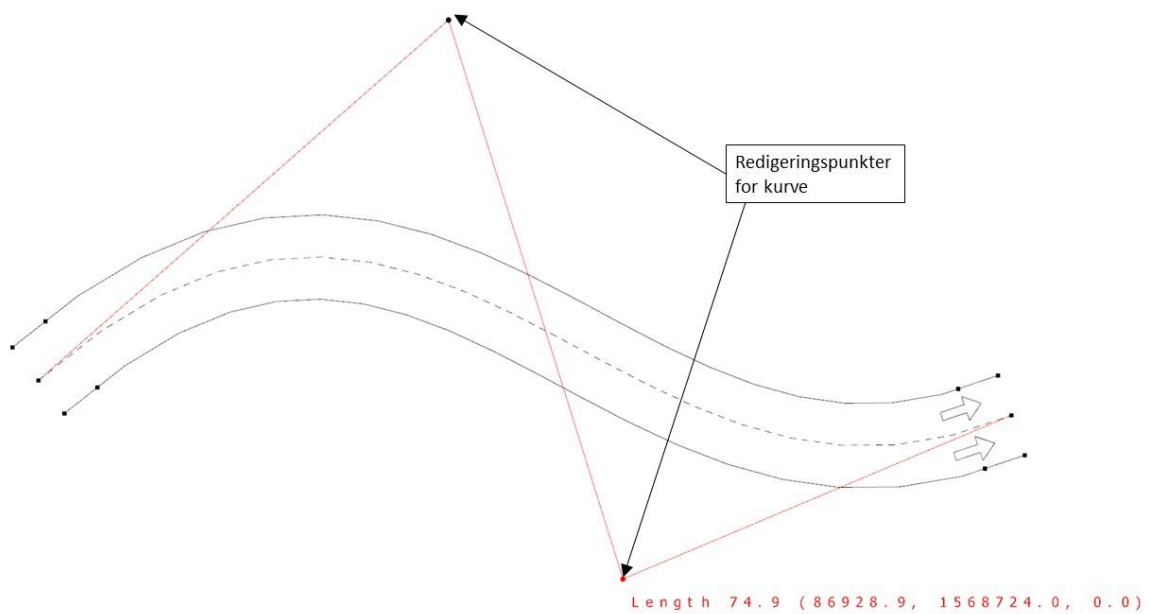
Ved oppstart av et nytt prosjekt i AIMSUN velges koordinatsystem. Dette skal være det samme som det som allerede er brukt i Novapoint. Vegnettverket må så tegnes inn med nøyaktig samme breddeprofil og x,y-koordinater som ved vegprosjektering. Dette er helt essensielt for at kjøretøyene skal følge vegbanen i animasjonen som skal lages i 3ds Max. Merk at Z-koordinaten, altså den som vil gi kjøretøyets plassering i høyderetning, ikke er nødvendig. Dette fordi Civil View i 3ds MAX tilpasser dette automatisk, som beskrevet senere i kapittel 2.5.6. Det fins flere måter å konstruere vegnettet på. Man kan for eksempel bruke «OpenStreetMap»-eksporterte osm-filer for gitt område, om de er tilgjengelig. Vegnettet kan importeres rett til AIMSUN (TSS, 2015a). Det vil kun fungere for eksisterende veger og er basert på åpen kilde. Dette anses likevel ikke være noe problem, så lenge vegnettet gir riktig visning for simulering i 3ds Max. Det er også mulig å bruke FKB data fra Statens kartverk, fordi vegnettet her kan leveres som SHAPE-fil. Dette kan importeres direkte i AIMSUN som faktisk vegnettverk (TSS, 2015a).

For prosjekterte veger, som i denne oppgaven, vil man ikke ha data for vegnettverkt tilgjengelig. Det er derfor nødvendig å sette opp et eget nettverk for simulering, basert på den prosjekterte vegstrekningen. Presisjonen som kreves, er gjennom denne oppgaven erfart vanskelig og tidkrevende å oppnå gjennom manuell opptegning. Dette kommer som nevnt også frem i kapittel «1.6 -Kunnskapsinnhenting per mail». Dette skyldes blant annet hvordan opptegning av vegnettverk foregår i AIMSUN. En kurve kan enten tegnes som en sammensetning av en rekke rette linjer, eller ved hjelp av et verktøy kalt «Bezier line». Man tegner to punkter som indikerer start og slutt på en kurve, for så å bruke to redigeringspunkter for tilpassing av kurven, se figur 8 (TSS, 2015a). Man kan eksempelvis tegne over den prosjekterte vegstrekningen som «blåpapir». Man importerer da en .dwg-fil i AIMSUN. På figur 8, vises et utsnitt av hvordan tilpassingen kan foregå. Man kan flytte hele seksjoner eller tilpasse hvert enkelt av redigeringspunktene.

På bakgrunn av utfordringene knyttet til verktøyene som her er beskrevet, har man gått vekk fra manuell opptegning og benyttet andre teknikker.



Figur 8 - AIMSUN redigeringsmodus for vegnettverk



Figur 9 - Eksempel på opptegning av kurve

Den mer automatiske tilnærmingen baseres seg på bruk av SHAPE-filer, konvertert fra datagrunnlaget for prosjektet. AIMSUN kan som nevnt importere disse direkte som et vegnettverk for senere simulering. Hele prosessen går gjennom AutoCAD MAP 3D og QGIS, før SHAPE-filene importeres til AIMSUN.



Figur 10 - Fra .dwg til trafikksimuleringsnettverk i AIMSUN

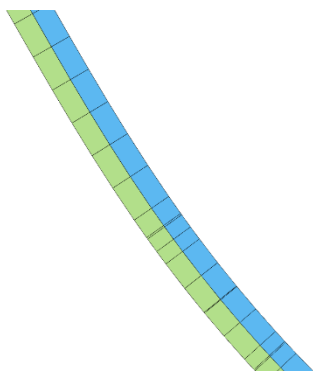
AutoCAD MAP 3D, konvertering av .dwg til SHAPE:

I AutoCAD MAP 3D åpnes .dwg-filen for prosjektert veg. Fra denne eksporteres kun kjørefeltene i modellen. Dvs. kun selve kjørebanelene og ikke omliggende skjæringer, fyllinger eller andre elementer tilknyttet den nye vegtraseen. Merk at det ikke er nødvendig å eksportere ytre kjørefelt for 4-feltsvegen i modellen. Dette fordi man i AIMSUN kun trenger en linje i hver retning for opptegning av vegnettverk, uavhengige av antall felt (TSS, 2015a). Grunnlaget man trenger av .dwg eksporteres videre som SHAPE fil, på polygon form.

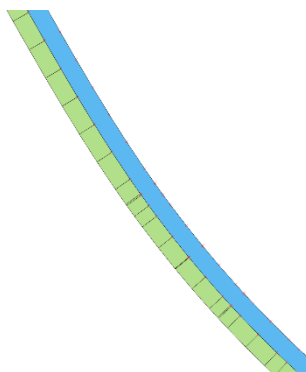
QGIS, bearbeidelse av SHAPE:

I QGIS importeres så disse filene, hvor opprydningen starter. Kjørefeltene er tegnet som 3D-polygoner under prosjekteringen og må omgjøres til linjer. Det er kun på linje-form AIMSUN er i stand til å importere SHAPE-filene og sette de opp som vegnettverk (TSS, 2015a). Merk at SHAPE-filene ikke lenger er i 3D når de behandles i QGIS. Figur 11 viser et kjørefelt i hver retning, på 2D polygonform. Dette har, som nevnt tidligere, ingen betydning da z-koordinat til kjøretøyene berignes i Civil View på senere tidspunkt.

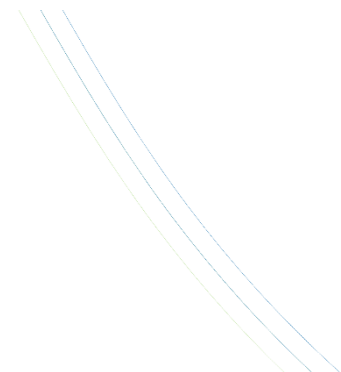
De tre stegene vist i figur 11-13, illustrerer overgangen fra 2D polygoner til linjer. Først velges alle polygoner i et kjørefelt, før verktøyet «Merge Selected Features» brukes for å slå sammen alle polygonene til ett. Nå er altså et helt kjørefelt ett polygon, kun med ytterkanter, som vist i blått i figur 12. Polygonene kan nå konverteres til linjer, med verktøyet «polygons to lines». Når polygonene er konvertert fremstår de som i figur 13.



Figur 11 - 2D-polygoner, 2-felts veg



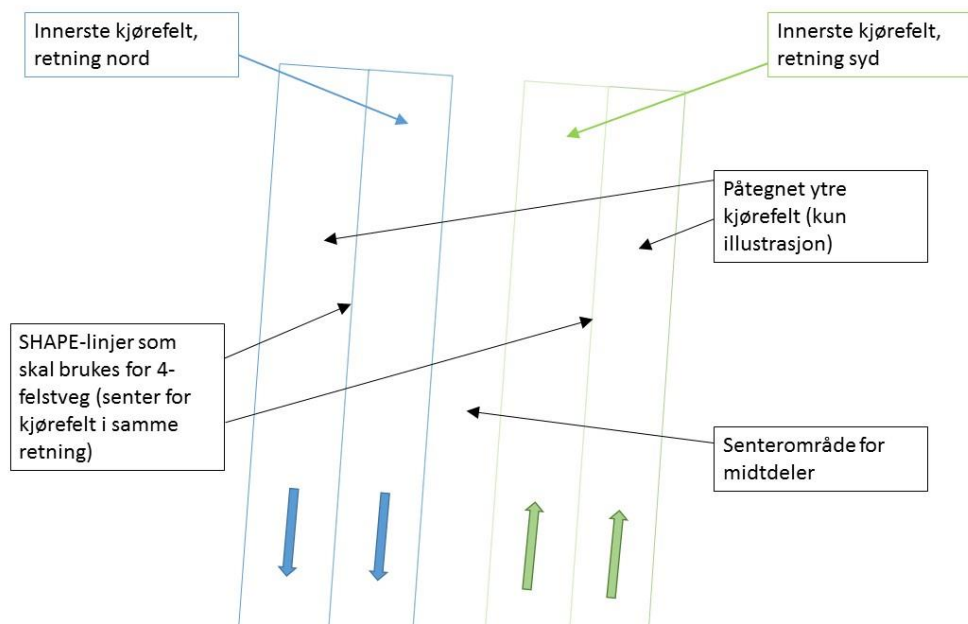
Figur 12 - Blått felt redigert til ett polygon



Figur 13 - Begge felt konvertert til linjer

AIMSUN sin importfunksjonalitet tegner ett kjørefelt per SHAPE-linje som importeres. Som man ser av figur 13 vil dette gi fire kjørefelt. Optimalt sett skulle det med andre ord vært generert ut senterlinjer for de to kjørefeltene. Det lyktes dessverre ikke å finne en god teknikk for dette. Linjene eksporteres derfor som de fremstår i figur 13.

For 4-felstvegen i modellen vil den ytre linjen, for det innerste feltet, danne senterlinjen mellom de to feltene for hver retning. Når man senere i AIMSUN setter vegen opp med to felt i hver retning, bygges de to feltene like mye ut fra denne senterlinjen. Se figur 11-13, for forklaring i QGIS og figur 15-18 for forklaring i AIMSUN.

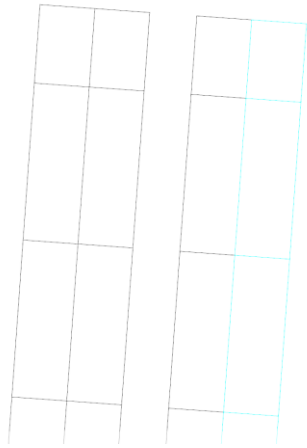


Figur 14 - Utsnitt fra QGIS m/ etter-redigering til forklaringene

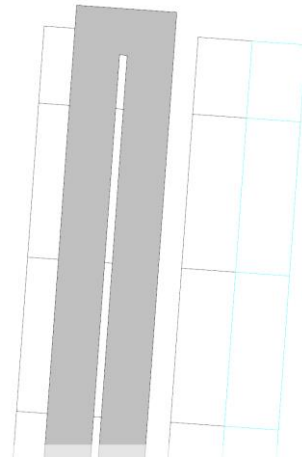
AIMSUN, import og manuelle tilpassinger:

Et nytt prosjekt opprettes i AIMSUN, med samme koordinatsystem som prosjekteringsgrunnlaget. .dwg for prosjektert vegstrekning importeres. Kun lag for aktuelle kjørefelt settes synlig. Det gjelder også de ytre feltene som ikke ble brukt i QGIS. Dette vil fremstå som i figur 15.

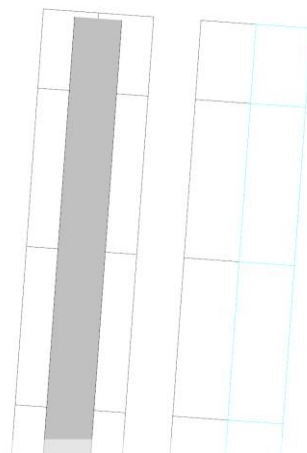
Etter dette importeres SHAPE-linjene for indre kjørefelt. Disse vil genereres som vist til i figur 16 for 4-felstvegen. Som det kommer frem av figuren er det nå satt opp veg for begge ytterlinjene for indre kjørefelt. Kun vegen som bygges i senter mellom de to feltene beholdes, se figur 17. Til slutt utvides det til 2 felt og riktig bredde settes. Dette vil fremstå som på figur 18.



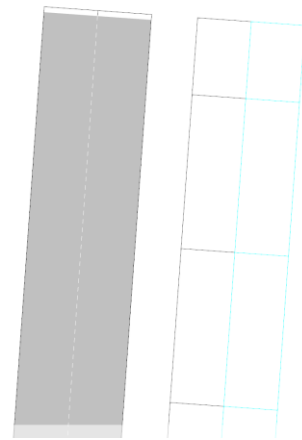
Figur 15 - AIMSUN: Importert .dwg, 4-felts veg



Figur 16 - AIMSUN: Importert SHAPE-fil for ett kjørefelt

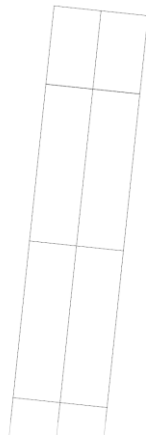


Figur 17 - AIMSUN: Redigering til ett kjørefelt

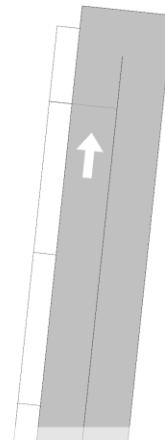


Figur 18 - AIMSUN: Utvidelse til 2 kjørefelt

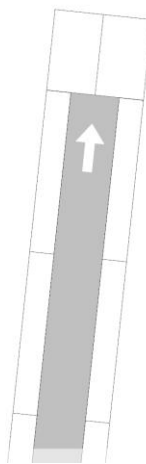
For 2-feltsvegen er prosedyren noe annerledes. Som det fremkommer av figur 20, tegnes det veg for begge ytterlinjene per felt, her for høyre kjørefelt. Dette er likt som for 4-felstvegen. Men etter at det er slettet en «veg», som vist på figur 21, kan man ikke utvide vegen til 2 felt som for 4-feltsvegen. Dette fordi man ikke har funnet det mulig å endre kjøreretningen for ett av de to feltene. Det må derfor genereres kjørefelt for den andre retningen fra SHAPE-linjen. Når denne også er gjort om til én veg, og ikke to som ved importen, kan man flytte begge manuelt til rett plassering. Dette er vist for høyre felt i figur 22.



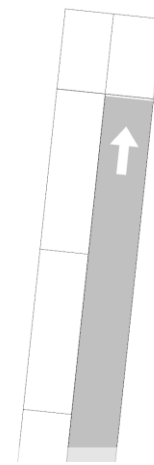
Figur 19 - AIMSUN: Importert .dwg, 2-felts veg



Figur 20 - AIMSUN: Importert SHAPE-fil for ett kjørefelt



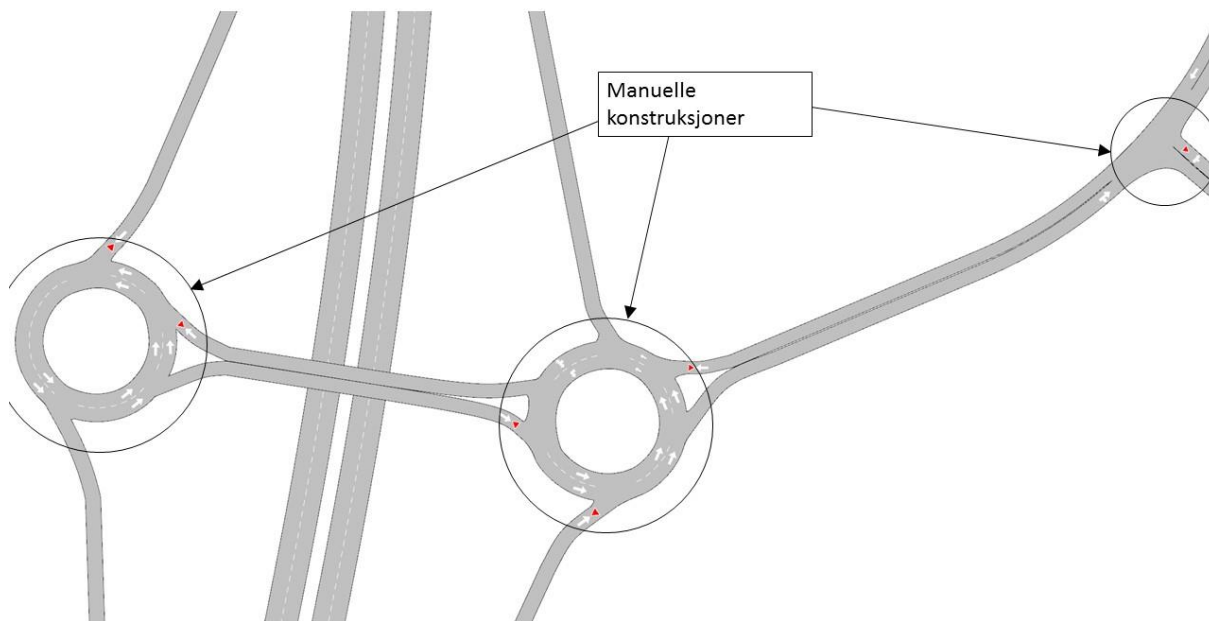
Figur 21 - AIMSUN: Redigering til ett kjørefelt



Figur 22 - AIMSUN: Manuell flytting av kjørefelt

Metodene vist over brukes for vegstrekninger, men inkluderer ikke kryss, rundkjøringer eller tilknytninger til av- og påkjørings-ramper. Dette fordi SHAPE-linjene som importeres, ikke inneholder informasjon om denne type data. Man har heller ikke satt seg inn i om, eller hvordan AIMSUN evt. kan tolke ekstra informasjon som dette. Deler av vegnettet for simuleringen er derfor konstruert manuelt, med standardverktøyene tilgjengelig i AIMSUN (TSS, 2015a).

Man går ikke inn på hvordan dette gjøres, da dette er en helt normal fremgangsmåte for konstruksjon av vegnett i AIMSUN. I figur 23, fremheves noen av de manuelt oppsatte delene av vegnettverket.



Figur 23 - AIMSUN: Manuell opptegning av vegnettverk

De manuelle tilpasningene og konstruksjonen krever trolig justeringer i forhold til 3D modellen av vegen. Dette gjøres ved å kontrollere hvordan kjøretøyene følger vegmodellen ved animering i 3ds Max. Justeringer gjøres deretter.

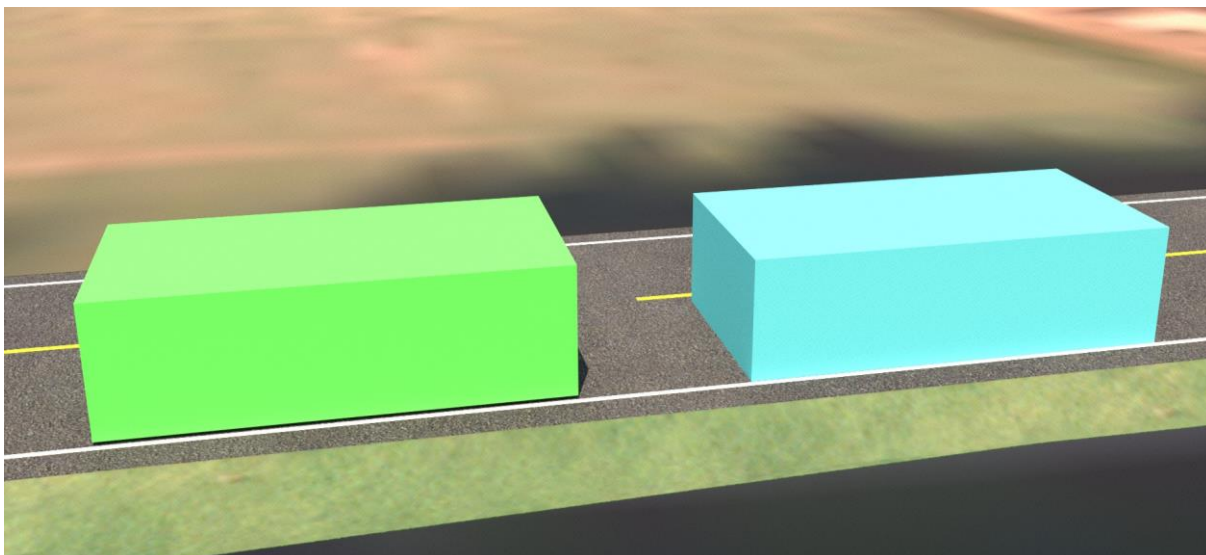
Når vegnettverket er på plass må parametere som påvirker simuleringen, og med det den endelige animasjonen, settes. Dette er typisk hastigheter og kapasiteter for de ulike vegene i modellen (TSS, 2015a). Dette inngår i oppsett og kalibrering av simulerings-modellen og er ikke et fokusområde for denne oppgaven.

2.4.5 Trafikkdata

Som for oppsett og kalibrering er det heller ikke relevant hvor trafikkdata som brukes, stammer fra. Dette fordi formålet er å vise hva som er mulig, og er således ikke en konkret «case» for trafikkavvikling. Man bruker derfor fiktive tall det settes opp nødvendige noder og matriser for å belegge vegnettverket med trafikk. En viktig del av dette er allikevel å kunne illustrere ulike trafikksituasjoner. Det blir derfor naturlig å vise et utvalg av situasjoner som for eksempel ved kø og fri flyt. Fiktive trafikk tall vil derfor legges inn for å oppnå dette.

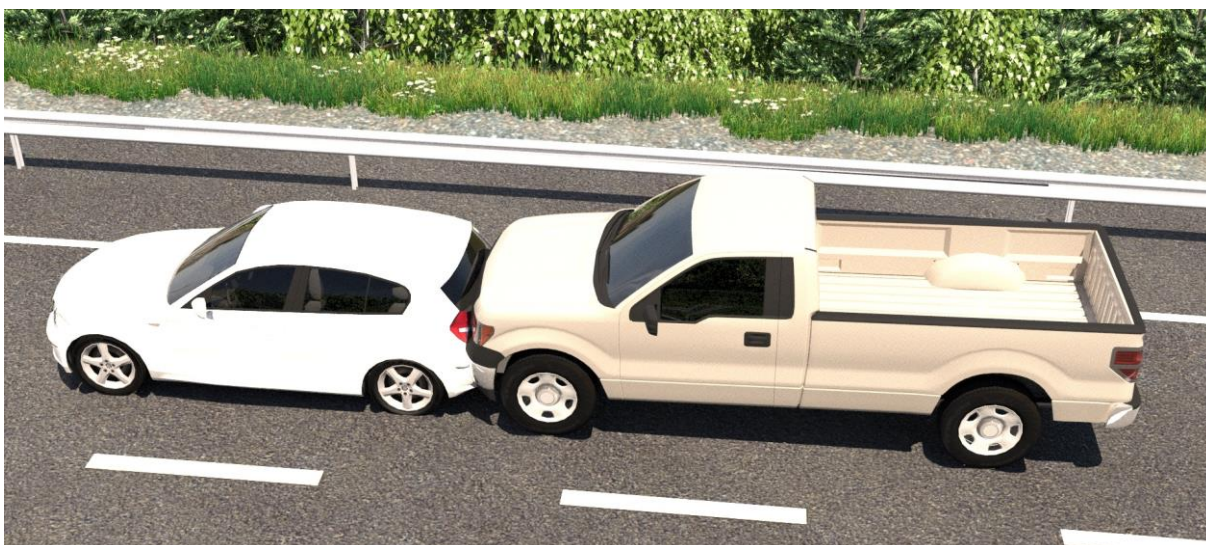
2.4.6 Kjøretøy

AIMSUN genererer som standard 3D bokser for hvert kjøretøy ved simulering. Hvis dette ikke er angitt, varierer lengdene fra 3,5 til 4,5 meter for personbiler. Lengden varierer for alle klasser utenom buss, der den er fastsatt til 12m som standard (TSS, 2015a). Når disse eksporteres til 3ds Max blir de fremstilt i modellen som vist i figur 24.



Figur 24 - 3D-bokser eksportert fra AIMSUN, importer og vist i 3ds Max

Bilmodellene som er brukt i 3ds Max leveres med tillegget Civil View og er av ulik størrelse og lengde (help.autodesk.com, 2016e). Når 3D boksene fra AIMSUN byttes ut med kjøretøy fra Civil View er det ingen automatikk som tilpasser kjøretøy fra Civil View galleriet til 3D boksene fra AIMSUN. Det er altså ingen korrespondanse mellom lengden på 3D boksene og kjøretøyene i Civil View. Dette kan resultere i at kjøretøy som kjører tett, blir plassert inni hverandre. Dette problemet vises i figur 25, hvor kjøretøy fra Civil View erstatter 3D bokser av annen størrelse enn selve kjøretøymodellen.



Figur 25 - Feil i overgang fra AIMSUN-modellgrunnlag til kjøretøyer i 3ds Max

For å løse dette opprettes det nye personbil-klasser i AIMSUN. Hver av disse tilpasses lengden til en personbilmodell fra Civil View. Lengden finner man ved å åpne modellen for kjøretøyet og lese av lengden (TSS, 2013). De nye personbil-klassene gis navn korresponderende med modellen fra Civil View. På denne måten er det mulig å tilordne rett personbil-modell til rett 3D-boks for simulert personbil fra AIMSUN. I tabellen under vises hvilke Civil View kjøretøy som er brukt og lengdene på disse.

Tabell 8 - Kjøretøymodeller og korresponderende lengder

Kjøretøymodell	Lengde [m]
Personbiler & SUV:	
Audi A3	3,858
BMW S1	4,251
Ford Mondeo Sportbreak	4,871
Honda Accord Coupe	4,854
Landrover Freelander	4,52
Mercedes C Class	4,584
Mini Cooper	3,667
Mitsubishi Montero	5,068
Nissan 350Z	4,329
Peugeot 207	4,041
Peugeot 407	4,607
Toyota Prius	4,451
Vare- og små lastebiler	
Toyota Tundra	5,665
GMC Savana	5,534
Ford F150	5,68
Buss:	
GMC Buss	10,271

2.4.7 Simulering og eksport av data

Siste ledd i prosessen gjelder selve simuleringen og medfølgende eksport av kjøretøylokasjon, hastighet og akselerasjon. Eksporten av data skjer gjennom tillegget «FZP exporter» som må velges aktivt i AIMSUN før simuleringen kjøres. Parallelt med simuleringen vil det da genereres og eksporteres en FZP-fil med nødvendig informasjon (TSS, 2015a). Det er her altså snakk om mikrosimulering, da dette gir høyeste detaljnivå og er nødvendig for at AIMSUN skal være i stand til å eksportere kjøretøys-koordinatene. Dette er mer ressurskrevende enn andre simuleringsformer, men allikevel lite tidkrevende for enkle vegstreknings (TSS, 2015a). Man velger også hvor mye data som skal tas ut. Dette er avhengig av antall kjøretøy, simuleringsstegene for kjøretøyenes lokasjon, samt tidsintervallene som benyttes. Filene blir fort store og som det kommer frem av resultatdelen er dette en pådriver for økte krav til maskinvare når kjøretøyene skal animeres i 3D på senere tidspunkt.

Teknikken for å oppnå lengde-korrespondanse mellom kjøretøy i AIMSUN og 3ds Max ble presentert ved et brukermøte for AIMSUN i 2013. Her kommer det også frem at et simuleringssteg skal settes til 1/10 sekund (TSS, 2013). Dette betyr at kjøretøyslokasjonen (samt hastighet og akselerasjon) vil bli oppdatert hvert 1/10 sekund og eksportert der, etter (TSS, 2015a). I denne masteroppgaven er det gjennomført tester for hvilket intervall simuleringsstegene bør ha. Det har vist seg at 1 sekund faktisk gir et godt resultat for visualiseringen, samt en datamengde som er akseptabel å håndtere. All eksport i denne oppgaven er derfor satt med simuleringssteg på 1 sekund. For fremtidige prosjekter som eventuelt måtte bygge på denne metoden, skal det

settes til 0,8 sekunder, da dette er standardverdien i AIMSUN. 1 sekund ble brukt i denne oppgave for å lette kravet til maskinvaren, uten at det gikk på særlig bekostning av visuell fremstilling.

Det er meget viktig å merke seg at steglengden for simulering som standard, er direkte knyttet til reaksjonstiden til hver enkelt bilist i simuleringen. Settes eksempelvis simuleringsteget til 0,1 sekund, oppstår det et helt urealistisk kjøremønster. Dette kommer blant annet frem gjennom en kraftig fortetting av kjøretøy og er vist gjennom tester gjort i kapittel 3.3.4. Ved endring av steglengden er det derfor viktig å merke seg at reaksjonstiden må justeres separat. Dette er fullt mulig i AIMSUN, men det går ikke i detalj på denne fremgangsmåten, da standardverdier for steglengde på 0,8 sekunder er den som brukes for fremtidig bruk av denne metoden. Kalibrering for simuleringer er heller ikke en del av oppgaven og steglengdepåvirkningen er kun nevnt nå, da den ga direkte utslag på resultatet. Det derfor er viktig å være kjent med denne parameteren.

Trafikkvolumet brukt i simuleringen, baseres på trafikksituasjonen som ønskes fremstilt, mens tidsintervallet bør begrenses til det man faktisk ønsker å vise frem i den endelige animerte presentasjonen. Når ønsket simulering er fullført, vil FZP-filen være klar for import i 3ds Max.

2.5 3D-visualisering – 3ds Max 2016

2.5.1 Introduksjon

Den største delen av arbeidsmengden i metodeutviklingen, ligger i oppsettet for den endelige 3D-visualisering gjort i 3ds Max. Datagrunnlaget, bearbeidelsen og oppsett av trafikkmodell skal nå «smeltes» sammen. Hele metoden fullføres her, der det søkes et effektivt, men visuelt godt resultat. Man bruker en rekke teknikker og tilleggsprogrammer i 3ds Max for å oppnå endelig resultatet. I figur 26, forsøkes det å vise hvordan metodikken er bygd opp. Dette kapitlet er også delt inn slik figuren viser.



Figur 26 - Fremgangsmåte for 3D-visualisering i 3ds Max

2.5.2 Aktuelle programmer og tillegg

Tabell 9 - 3D-visualisering – 3ds Max 2016: Aktuelle programmer og tillegg

Program:	Info:
Autodesk – 3ds Max (2016)	Autodesk 3ds Max er et profesjonelt verktøy som er i bruk i alle former for 3D modellering, der et visuelt realistisk resultat er ønsket. Dette være alt fra videospill og filmer til prosjekter for sivilingeniører og arkitekter (autodesk.com, 2015a).
Autodesk - InfraWorks 360	InfraWorks 360 innehar funksjoner for automatisk 3D-modellbygging, med spesialtilpassede funksjoner for vegger, bruer og avlørp (autodesk.com, 2016b).
Autodesk – Civil View (tillegg)	Integrert i 3ds Max 2016 finner man tillegget «Civil view» som har en rekke funksjoner designet nettopp for visualisering av vegprosjekter. Her finnes blant annet et galleri av 3D-modeller for kjøretøy og objekter som autovern og lyktestolper. Inkludert er også funksjoner som gjør det mulig å plassere disse korresponderende til modellgrunnlag fra prosjektering og trafikksimulering. «Civil view» er nært knyttet til Civil 3D, Autodesk sitt prosjekteringsprogram for blant annet vegger, men det er fortsatt mulig å bruke med prosjekteringsgrunnlag fra andre programmer (help.autodesk.com, 2016d).
iToo software - Forest pack pro, (5.0.5) (tillegg)	Et tillegg for Autodesk 3ds Max designet for å spre vegstasjon eller andre elementer over store flater. Det støttes stor detaljrikdom og en rekke trer og andre former for vegetasjon er inkludert i pakken (itoosoft.com, 2015a).
Chaos Group - V-Ray adv. for 3ds Max (3.30.05) (rendering)	V-Ray adv. gir fotorealistisk resultater gjennom det som menes være den raskeste renderingsprogramvaren på markedet. Programvaren har tiltrukket seg mange brukere som følge av sin realistiske lyssetting og håndteringen av animasjoner, samt mange lyskilder og objekter i scenen samtidig. (vrayfor4d.net, 2015)
Chaos Group - V-Ray RT for 3ds Max (3.30.05) (rendering)	V-Ray RT (V-Ray Real Time) har muligheten til å bruke en datamaskins grafikkort for nødvendig kalkulering i renderingsprosessen. Dette gjør det mulig å redusere renderingstiden fordi grafikkort spesifikt er designet for å gjennomføre massive, parallelle kalkuleringer for grafiske formål. (chaosgroup.com, 2015). V-Ray RT er en del av V-Ray og velges ved rendering.
NVIDIA - Mental Ray	Mental Ray er inkludert i 3ds Max og utviklet av NVIDIA. NVIDIA er en av verdens største produsenter av grafikkort til personlig og profesjonelt bruk (nvidia.co.uk, 2015). Mental Ray har vært i utvikling over 25 år og brukes innen film, spesialeffekter og design. Fotorealistiske bilder fremstilles gjennom bruk av avanserte teknikker for kalkulering av lys. Programvaren er bygget for å kunne brukes på all maskinvare, men er optimalisert for bruk på kraftigere flerkjerneprosessor-oppsett (nvidia-arc.com, 2015). Det er usikkert hvilken versjon av programtillegget som er benyttet i denne oppgaven, men det er versjonen som levers med AutoCAD – 3ds Max 2016.

Houdini Ocean for 3ds Max (2015.02.11.1) (tillegg)	Et tillegg for simulering av bølger på havet (Plourde, 2013). Brukt i denne oppgaven for elver.
Material Converter v.1.24	Et script til 3ds Max som konverterer materialer egnet for en renderingsmotor til en annen. (motivacg.com, 2016). Programmet er gratis tilgjengelige, men man har ikke lykkes i å finne ut om det også er tilgjengelig for kommersielt bruk.
ImagesToVideo av Jaromir Sivic (www.cze.cz)	Et program som gjør det mulig å konvertere en serie av bilder til video. Programmet er fritt tilgjengelig for kommersielt og ikke-kommersielt bruk (en.cze.cz, 2016).

2.5.3 Aktuelle filformater

Utover det som tidligere er brukt, er det kun .max formatet som introduseres i dette kapitlet. Dette er et standard lagringsformat for Autodesk - 3ds Max 2016. Filformatet kan inneholde flere 3D-objekter, teksturer, lys og animasjoner (fileinfo.com, 2016).

2.5.4 Import: Datagrunnlag fra Virtual Map

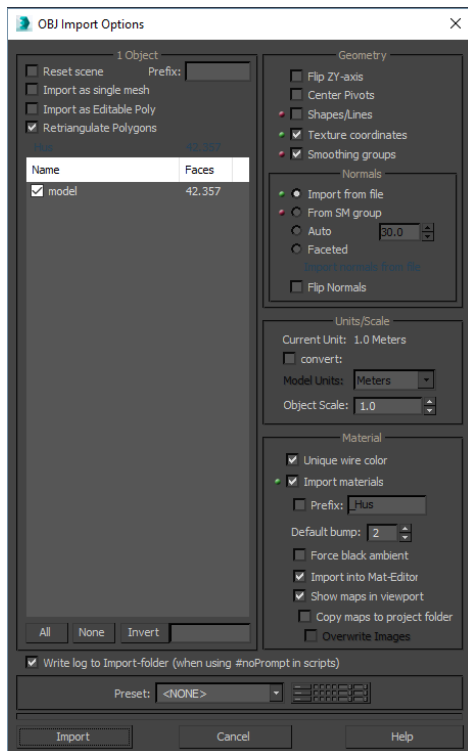
Hele datagrunnlaget, beskrevet i del-kapitel «2.3.6 - Eksporterte objekter», importeres til 3ds Max. Dette skjer objekt for objekt. For et problemfritt oppsett er man avhengig av gode lag- og gruppeinndelinger i AutoCAD/VM, samt at optimalisering og redigering er gjennomført før eksporten fra VM. Så lenge dette er på plass, kreves intet videre arbeid i 3ds Max på nåværende tidspunkt.

Ingen spesielle innstillinger er nødvendig for import av .obj, og standard innstillingen ble derfor brukt. For FBX importen er det nødvendig å sette skaleringsfaktoren manuelt til cm. Alle andre innstillinger ble hold til sine standardverdier.

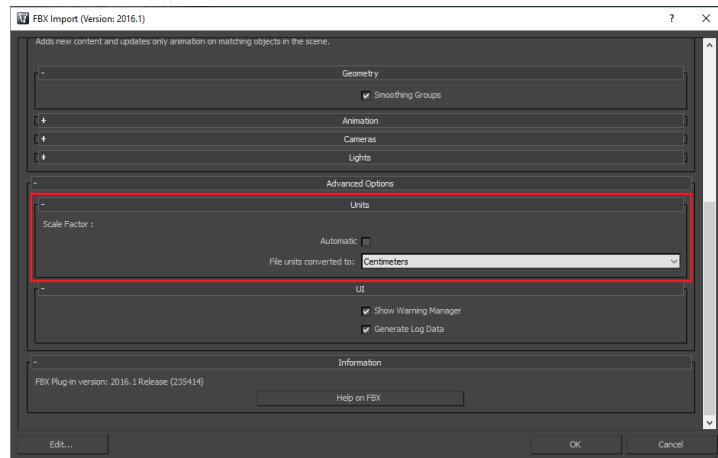
Utvidet terrengmodell:

For datagrunnlaget brukt i denne oppgaven finnes kun en begrenset terrengmodell. Modellen er 2,7 x 5,7 km og er kuttet mer eller mindre rett etter vegstrekningens start og slutt. Dette gir ikke et realistisk resultat, og heller ikke en god dybdefølelse i modellen. For å løse dette kan det importeres en utvidet terrengmodell. Thomas Jenssen hos Multiconsult viste til deres fremgangsmåte, men denne lot seg ikke gjennomføre (Jenssen, 2016). Dette fordi det ikke forelå tilgang på nødvendige lisenser fra lokal maskin.

Et annet alternativ er å bruke InfraWorks og funksjonen «Model Builder». Som det kom frem av samtalen med Focus Software er det mulig å hente ut store terrengmodeller, helt gratis, basert på Bing Maps fra Microsoft (Eskerud et al., 2015). Tjenesten ble testet og viste seg å fungere godt. En større terrengmodell ble likevel ikke anvendt, da den viste seg for krevende for maskinvaren brukt i denne oppgaven. Å hente ut større terrengmodeller virker likevel å være lite tidkrevende arbeid og anbefales derfor for en mer helhetlig visuell fremstilling.



Figur 27 - Panel for import av .obj-filer



Figur 28 - Panel for import av .FBX-filer

2.5.5 Import: Trafikksimuleringsdata fra AIMSUN

Importen av simuleringsdata fra AIMSUN skjer gjennom tillegget Civil View. I figur 30 vises hvilke innstillinger som er tilgjengelig når filformatet .FZP brukes. For dette eksempeloppsettet er det fire ulike kjøretøy som er i bruk. Audi A3, Ford Mondeo, Ford F150 og BMW S1. Til høyre i vinduet vises tidsintervallet som det er mulig å bruke. Dette ble bestemt ved eksporten fra AIMSUN, men kan minskes her om ønskelig.

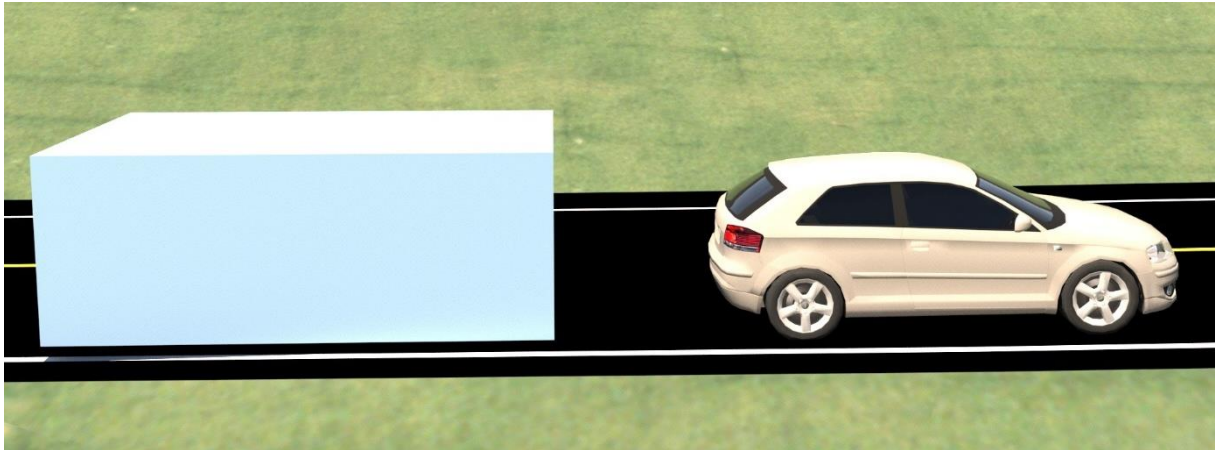
Lengden på et steg i simuleringen, altså hvor ofte et kjøretøys lokasjon, hastighet og akselerasjon skrives til .FZP-filen, ble også valgt i AIMSUN. Man har her mulighet til å sette denne større enn for eksporten (help.autodesk.com, 2016c). Men som det kommer frem av resultatene senere i denne oppgaven fant man ut at 1 sekund ga god balanse mellom visuell fremstilling og ytelse i modellen. Simuleringsdata er derfor eksportert og importert med denne steglengden.

Skifte for starttiden foreslås automatisk og sørger for at animasjonen i 3ds Max starter ved bilde null (help.autodesk.com, 2016c). Som fremgår av figuren settes den til -59 sekunder for dette eksempelet slik at første kjøretøy kan starte bevegelsen fra bilde null, og ikke 59 sekunder ut i animasjonen.

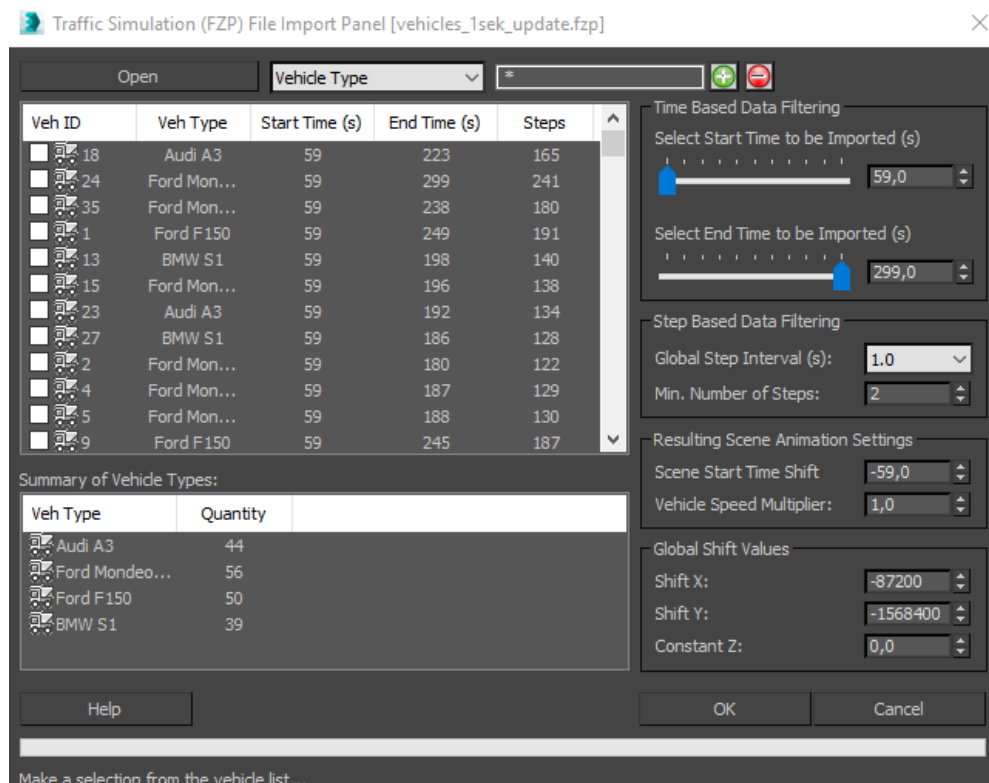
Nederst til høyre finnes innstillingene for global forflytning av importerte kjøretøy. Eksempelvis vil en forflytningsverdi for $X = 10$ m, flytte alle kjøretøy som importeres 10 m i x-retning i modellen. Som beskrevet i kapittel 2.3.5, jobbes det i georefererte koordinater i AIMSUN. Dette står i motsetning til 3ds Max, hvor man må jobbe rundt (0,0,0). Årsaken ligger i hvordan 3ds Max foretar sine kalkuleringer. Dette kan blant annet føre til feiltolkning for koordinater langt fra (0,0,0) (Autodesk, 2012). I denne oppgaven oppdaget man for eksempel at de animerte hjulene for kjøretøyene, ble feilplassert i forhold til karosserier på kjøretøyet. Dette skjedde altså om man importerte kjøretøy med opprinnelige georefererte koordinater. Det

er derfor nødvendig med global forflytning. For at kjøretøyene skal importeres rett i forhold til resten av objektene, trenges derfor senter for modellen i georeferert koordinater. Disse finner man for eksempel i VM, som beskrevet i del-kapitel «2.3.5 - Eksport». Disse plottes inn for globalt skifte, med negativt fortegn, og på den måten flyttes alle kjøretøy til rett posisjon rundt (0,0,0). Merk at z-koordinaten står med null forflytning. Høydene tilpasses gjennom funksjonalitet tilgjengelig i Civil View og er beskrevet i neste del-kapittel (2.5.6).

Alle kjøretøy importeres, som nevnt, som 3D-bokser.



Figur 29 - 3D-boks fra AIMSUN til venstre, erstattet kjøretøy fra Civil View til høyre



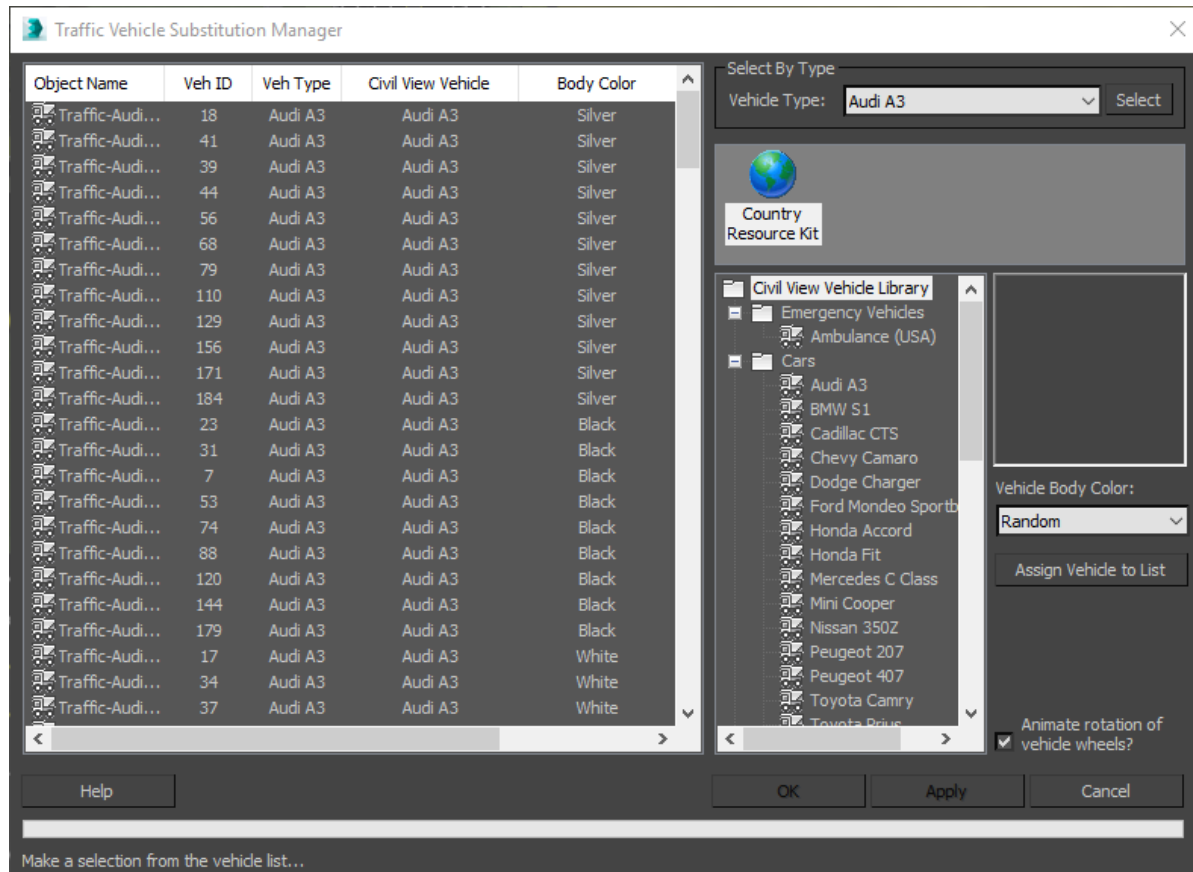
Figur 30 - Panel for trafikkdata-import

Implementering av kjøretøymodeller:

I Civil View foreligger et galleri av 3D-modeller for kjøretøy. Disse er tilgjengelig gjennom funksjonaliteten i panelet i «Vehicle Substitution Manager» (figur 31), og gjør det mulig å bytte ut de enkle 3D-boksene med faktiske kjøretøymodeller. Det er mulig å velge kjøretøytype og farge. Dette kan gjøres manuelt eller tilfeldig valgt. I tillegg finner man en hake for animering av roterende hjul. Denne står på som standard og gir animerte hjul tilpasset hastigheten på kjøretøyene. For å begrense kompleksitet i større scener kan det være gunstig å ikke benytte seg av denne funksjonen. Spesielt overflødig er det hvis kameravinkelen brukt i animasjonen ikke tydelig viser hjulene på kjøretøymodellene (help.autodesk.com, 2016e).

Det er gjennom «Vehicle Substitution Manager»-panelet man tilordner rett kjøretøymodell i Civil View, til rett importert kjøretøy. Så lenge kjøretøyene i AIMSUN blir gitt korresponderende navn er dette ikke en vanskelig inndeling å gjøre. Det eneste som fort kan ta litt tid, er tilordning av farger. Galleriet av farger tilgjengelig føles ikke realistisk i forhold til de farger observert på biler på vegen i Norge i dag. Derfor var det mest naturlig primært å bruke, sølv, svart og hvit, samt kun noen få tilfeldig valgte farger. Ikke alle kjøretøymodeller for øvrig, er hva vi forestiller oss på norske veier. Det er derfor valgt ut 20 kjøretøy, man tror kan passe inn. Ikke alle ble brukt i animasjonen, men alle ble gjort klarer for bruk med tilpasninger av lengder.

Animerte hjul ble inkludert, fordi det er en ønsket mulighet å kunne benytte et bildeutsnitt tett på kjøretøyene.



Figur 31 - Panel for implementering av kjøretøymodeller i 3ds Max, gjennom Civil View

2.5.6 Kjøretøyplassering til overflategeometri

Vegnettet for simulering i AIMSUN er tegnet kun i x,y-koordinater og har altså ingen høydeorientering. Dvs. at det hverken har rett høyde eller tilt i forhold til vegbanen i modellen. For å gjennomføre de nødvendige tilpasningene brukes «Traffic Surface Tracking Manger», også tilgjengelig gjennom Civil View.

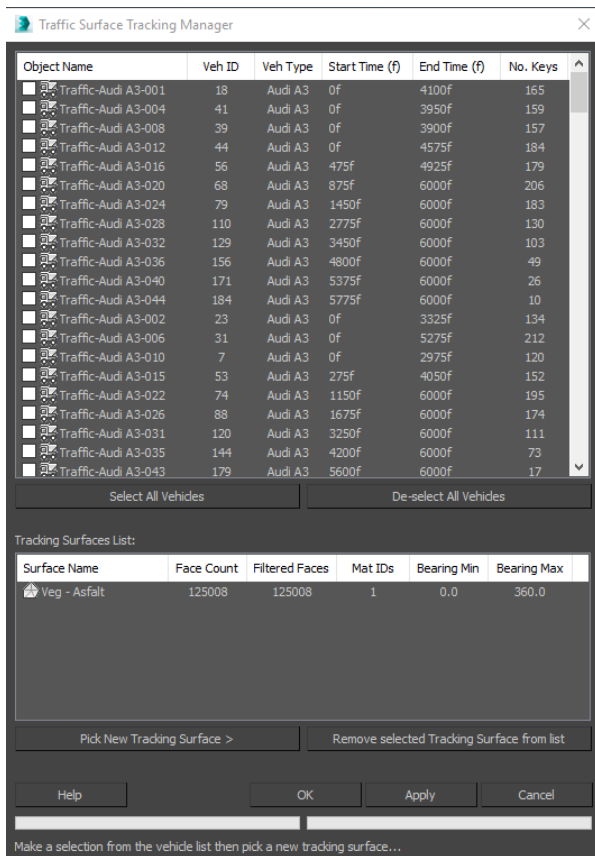
Panelt for denne funksjonen, vist i figur 32, tilordnes valgt kjøretøy til ønsket underlag. Hvor raskt denne prosessen forløper er avhengig av simuleringssteget, antall kjøretøy og antall polygoner i overflaten. Det er også mulig å redusere tidsbruken om man kjenner kursen kjøretøyene holder seg innenfor i modellen. Merk at det ikke lagres noen permanent relasjon mellom underlaget og kjøretøyene. Om underlaget flyttes eller endres, må prosessen kjøres på nytt. Dette er gjort for å redusere informasjonen lagret i modellen, noe som er spesielt viktig ved animering av mange kjøretøy (help.autodesk.com, 2016b).

Når prosessen er fullført, vil kjøretøyene følge underlaget så godt det automatisk lar seg gjøre. Figur 33 og 34 viser hvordan et kjøretøy er plassert etter at tilpasningen gjennom «Traffic Surface Tracking Manger» er gjort.

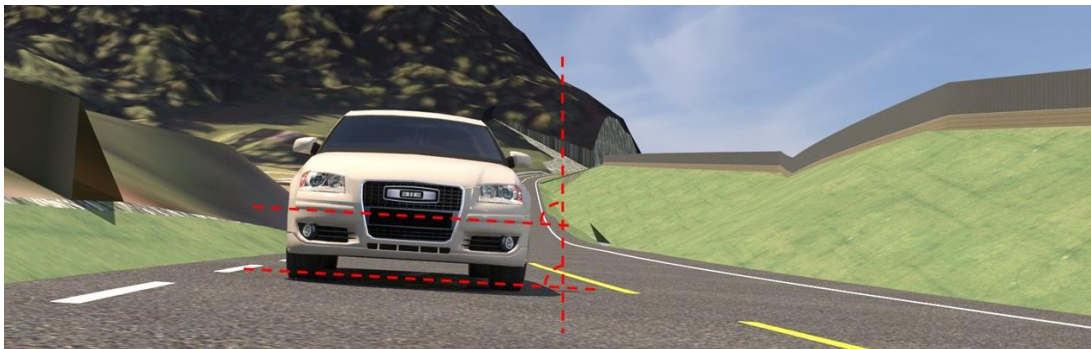
For dette modellgrunnlaget er asfaltdekket satt opp til å kun bestå av det området det faktisk skal gå trafikk. Dette for å begrense antall polygoner og med det redusere prosessetiden for tilpasningen. I tillegg til asfaltdekket er det i noen tilfeller nødvendig å tilordne andre flater. Dette er beskrevet i del-kapitel «2.3.3 - Lag- og gruppehåndtering» og 2.3.4 – «Overflategeometri», og er typisk hvit vegoppmerking, broer og tunneler. Om dette ikke gjøres for aktuelle kjøretøy, vil de «falle» til opprinnelig importert høyde i dette punktet. Her spilles animasjonen av uten rendering. Det er derfor nødvendig å vite hvilke kjøretøy som krysser broer eller kjører gjennom tunneler.

For å avdekke feil i animasjonen kjøres tester, hvor animasjonen spilles av uten rendering. Dette gjøres med så få andre aktive objekter som mulig, for å sikre god flyt og oversikt i animasjonen.

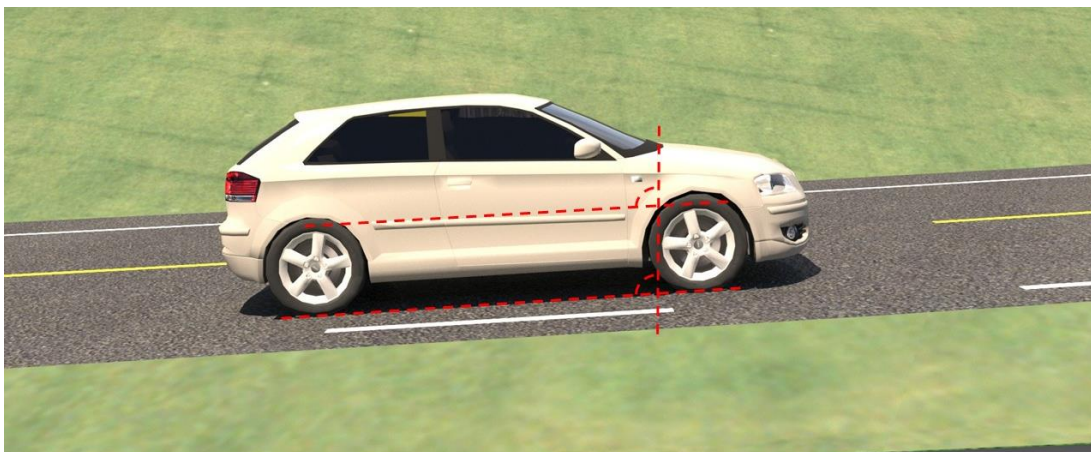
Hvor godt kjøretøyene følger underlaget etter tilpasningen er gjennomført, er blant annet avhengig av lengden på et simulerings-steg og hvor jevn overflaten er. En jevn overflate er alltid bedre enn en overflate med plutselige skifter. Hva angår lengden på et stimuleringssteg, er det ikke nødvendigvis slik at høyere oppdateringsfrekvens gir bedre resultater. Dette kommer frem i resultatdelen av oppgaven som danner grunnlaget for hvorfor 1 sekund er valgt for simuleringsteg.



Figur 32 - Panel for "Traffic Surface Tracking Manager"



Figur 33 - Tilpasning av tilt for kjøretøy



Figur 34 - Tilpasning for kjøretøy i lengderetning

2.5.7 Lyssystem og kameraoppsett

Scenen i denne oppgaven er lyssatt av en «VRaySun», og et HDRI bilde. Bildet brukes også til selve himmelen. Etter dette er det i hovedsak gjennom kamerainnstillinger, lysintensitet og generell fremstilling at det visuelle resultatet styres.

«VRaySun» og «VRaySky» brukes sammen for å gjenskape lysforholdene på jordkloden. Lyssystemet kommer med en rekke innstillingsmuligheter og adopterer blant annet lysforholdene til hvor solen befinner seg på himmelen (docs.chaosgroup.com, 2016a).

HDRI bildet som er brukt er vist i figur 35. Et HDRI bilde gjør det mulig å lyssette en scene basert på et faktisk bilde tatt i naturen. Det inneholder både lysintensitet, lysretning og fargespekter for lyset (nxt.flamingo3d.com, 2016). I denne oppgaven erstatter derfor HDRI bildet «VRaySky», som er V-Ray sin himmelhvelving. HDRI-bildet gir lys til en scene gjennom et «VRay Dome Light», som er en teknikk brukt for V-Ray rendering med nettopp det formål å lyssette en scene med et bilde/teksturer (docs.chaosgroup.com, 2016c).

Det er også brukt teknikker for «Depth-of-Field» og «Motion Blur». Gjennom «Depth-of-Field» settes en bestemt avstand til hvor fokuspunktet for kamera skal ligge. Objekter nærmere enn dette og lengere unna blir sløret ut, akkurat som for et ekte kamera. Kameras blendertall, er sammen med fokuspunktet, det som bestemmer hvordan effekten blir. Dette kan gi økt realisme og virkelighetsfølelse (knowledge.autodesk.com, 2016g). Merk at man har gjennomført en enkel test som viser en økning i renderingstid på om lag 7%, når «Depth-of-Field» er aktivert.

«Motion Blur» slører ut objekter som er i bevegelse, lik et ekte kamera. Hele scenen sløres samtidig ut hvis kamera beveges hurtig i forhold til modellen, som for eksempel ved en rask panorering. Hvor slørete objektet eller scenen fremstår, er avhengig av kameraets lukkerhastighet. Lavere lukkerhastighet gir mer sløring. Effekten kan gi økt realisme til endelig animasjon eller enkeltbilder (knowledge.autodesk.com, 2016b). Merk at funksjonen er minnekrevende og at den gjennom tester med 1125 kjøretøy i modellen, viser den seg å bruk rundt 800 MB. Renderingstiden økes også med om lag 9%.

Kameraer i scenen settes enten opp for test-renderinger eller for endelig animasjon. For endelig animasjon brukes enkle teknikker i 3ds Max for å forflytte kamera gjennom scenen.



Figur 35 - HDRI bilde (hdri-skies.com, 2016).

2.5.8 Optimalisering av overflategeometrier og laginndelinger

I denne delen gjennomføres en kontroll av overflategeometrien og laginndelingen, slik den ble importert i 3ds Max. Om tidligere grunnarbeid er godt utført vil dette ikke kreve mye tid. På den annen side er det ikke alltid like lett å få øye på mindre feil. Vegoverflaten er som nevnt spesielt sårbar. Om det oppdages større feil ved kjøretøystilpasningen til underlaget, går man tilbake til Civil 3D og retter feilen i underlaget der. Det er også mulig å gjøre dette i 3ds Max, men verktøyene i Civil 3D er funnet mer egnet til formålet. Etter dette må Virtual Map modellbyggeren kjøres på nytt og vegoverflaten eksporteres. Dette er ikke en spesielt tidkrevende prosess, men det samles opp så mange feil som mulig for å begrense antall ganger som må gjennomføres.

Forekommer det hull i modellen, hvilket er typisk for overganger mellom objekter, kan disse rettes i grunnlaget eller i 3ds Max direkte. Dette er beskrevet kort i kapittel 2.3.5.

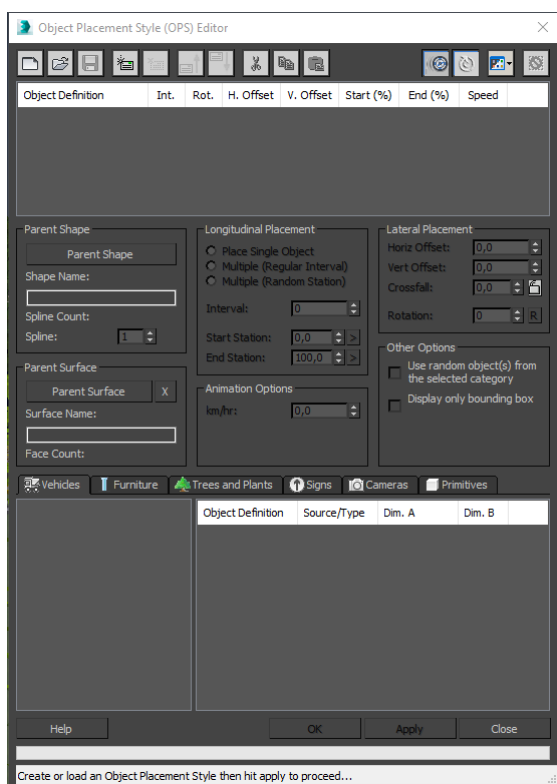
Objektene som importeres brukes blant annet som grunnlag for vegetasjon. Det er da snakk om sideområder rundt vegen, samt den større terrengmodellen som omslutter det hele. Man kan oppleve at denne ikke alltid er like optimal som først antatt ved oppsett i AutoCAD/VM. For eksempel kan en skjæring i fjellet være en del av objektet som utgjør sideområdet for gress. Om man ikke er observant i opptegningen av vegetasjon vil det tegnes gress i selve skjæringen, noe som fremstår lite realistisk. Det kan da være gunstig å endre laginndelingen slik av skjæringen blir en egen gruppe før den blir eksportert. Slik unngår man å «plante» gress her. Det gjelder her å skaffe seg oversikt for å gjøre det resterende arbeidet inn mot endelig visualisering mer effektivt.

2.5.9 Supplerende objekter

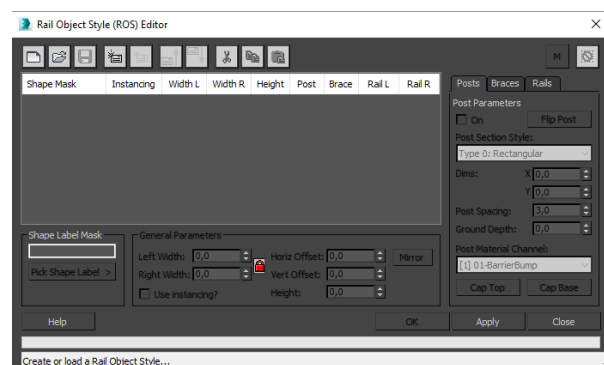
I hovedsak skal alle objekter være importert, men enkelte har man funnet bedre å generere opp i 3ds Max. Både skilt- og lyktstolper var kun 2D teksturer og lite egnet for en 3D-visualisering. Midtdeleren for 4-felstvegen var meget kompleks og tok ca. 20 % av datamengden for den totale 3ds Max modellen. Ved hjelp av verktøyene beskrevet under, var det mulig redusere dette til tilnærmet 0 %. Listen for eksportert og ikke eksporterte elementer fra VM finnes i delkapittel «2.3.5 - Eksport».

Gjentakende, like objekter:

I Civil View finnes to verktøy som gjør det mulig både å plassere objekter i et gitt mønster, samt å konstruere elementer som midtdeleren og autovern. Disse to er «Object Placement Style Editor» og «Rail Object Style Editor». Sammen med disse følger en rekke inkluderte objekter i galleriet til Civil View (help.autodesk.com, 2016b, help.autodesk.com, 2016a).



Figur 36 - Civil View: «Object Placement Style Editor»



Figur 37 - Civil View: «Object Placement Style Editor»

«Object Placement Style Editor» er brukt for å plassere ut lyktstolper i modellen. Til dette trenger man en linje som objektene plasseres langs. Dette er typisk senterlinjen. På den måten får man mulighet til å oppgi et avvik i meter for hvor stolpene skal plasseres. Senterlinjen kan enten eksporteres fra modellgrunnlaget hvis mulig, eller tegnes manuelt i 3ds Max. I denne oppgaven er det brukt begge teknikker.

For midtdeleren er «Rail Object Style Editor» brukt. Også her trenges en linje å tegne mot. Det er mulig å gjøre enkle tilpasninger til midtdelerens oppbygning. For denne oppgaven ble det satt opp tilnærmet likt grunnlaget fra prosjekteringen.

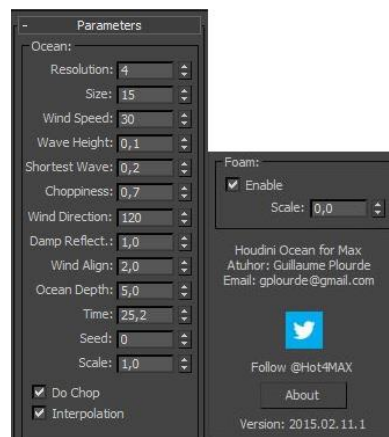
Merk, at om det er ønskelig med en helt korrekt visualisering, kan det være nødvendig å hente inn, eller tegne objekter selv, da «Civil View» ikke nødvendigvis har objekter lik norsk standard.

Ikke-gjentakende objekter:

For plassering av skiltstolper var det ikke mulig å bruke verktøy tilgjengelig i Civil View. Dette fordi de ikke er plassert i et spesifikt gjentakende system, som eksempelvis lykestolper med jevne intervaller. Det ble tegnet opp en enkel stolpe i 3ds Max, som deretter ble kopiert opp. De kopierte stolpene ble så tilordnet lokasjonen til 2d-teksturene fra VM. Det ble arbeidet i en egen fil, som til slutt ble importert i hovedmodellen.

Hvis det er ønskelig med objekter som ikke er inkludert i datagrunnlaget, er dette mulig gjennom å importere disse, fra eksempelvis nettstedet 3dwarehouse.sketchup.com. Objektene er laget av brukere på nettsiden og er gratis tilgjengelig selv for kommersielt bruk. Merk allikevel at de av rettighetsårsaker må være en del av en større modell (help.sketchup.com, 2016). Bruken kan være et meget godt hjelpemiddel for objekter som ikke direkte er knyttet til vegen, men som kan gi ekstra liv til modellen. For eksempel en båt, et fly eller et tog. Noen slike modeller er også tilgjengelige i Civil View galleriet. Det er ikke lastet inn eksterne objekter fra 3dwarehouse.sketchup.com eller andre nettsider for denne oppgaven. Dette er unngått for å begrense dataomfanget.

Den større elven som strekker seg nedover langs vegen er animert med tillegget «Houdini Ocean». Gjennom et kontrollpanel (figur 38) er det mulig å sette en rekke parametere som skaper bølger på overflaten. Selv om disse er utviklet for hav brukes de i denne modellen til å skape litt mer liv i elven. Parametrene er forsøkt tilpasset det som kunne representere en elv av denne størrelse og helning.



Figur 38 - Panel for Houdini Ocean

Det er gjennom funksjonen «Populate» mulig å sette opp områder med mennesker i modellen og funksjonen er en del av 3ds Max. Personer av begge kjønn og med ulik beklledning er tilgjengelig. Områder blir valgt, med mennesker som kan gå, løpe, « snakke sammen» eller sitte ned (knowledge.autodesk.com, 2016d). Det er en fin måte å skape ekstra liv i modellen på. I denne oppgaven valgte man allikevel ikke å inkludere mennesker, da man fant modellen bli tyngre og mer uhandterlig.

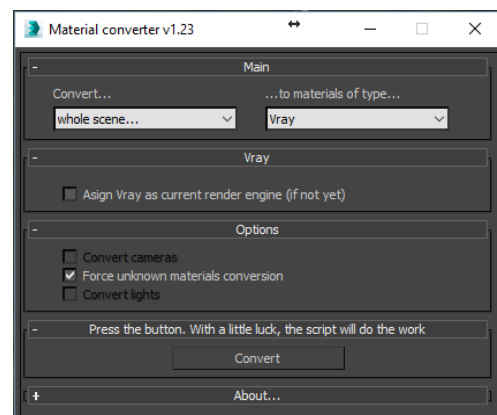
2.5.10 Materialer og teksturer

Alle objekter må tilordnes et materiale. Dette gjelder alt fra terreng, vann og vegetasjon, til vegoverflate og bygninger. Grunnen til dette er at 3ds Max ved rendering av endelig animasjon gjennom V-Ray, blant annet må vite hvilken tekstur, farge og refleksjonsverdeier et materiale har for en realistisk fremstilling. For eksempel ønskes vann gjengitt med bølger, farge og refleksjoner. Videre er det også ønskelig at lakken til kjøretøyene blir gjengitt i forskjellige fager og med refleksjoner. Materialene tilordnes den ønskede overflaten og redigeres til ønsket visuell fremstilling er oppnådd.

I denne oppgaven er det gjort liten til ingen endring av materialer. Dette er både for å spare tid og fordi de fleste objekter er tilordnet et visuelt tilfredsstillende materiale som standard. Alle objekter plassert ut med Civil View har materialeegenskaper og teksturer klare. Det samme gjelder alt av vegetasjon satt opp med Forest Pack Pro. Objekter importert fra VM har teksturer, men ingen materialeegenskaper. Det vil med andre ord si at disse objektene kun fremstår med et gjentakende bilde som overflate. Terrengmodell har ikke-gjentakende teksturer, da tekturen er det faktiske ortofoto for modellen. Ikke-gjentakende teksturer gjelder også alle skilt, da disse er satt opp med unike teksturer.

Hva vegbanen angår er denne tilordnet et materiale og tekstur hentet fra <http://www.vray-materials.de/>. Her fins en rekke materialer laget av V-Ray brukere, for V-Ray brukere. De er alle gratis og den eneste restriksjonen for bruk, er at de ikke kan selges videre (vray-materials.de, 2011). Materialet for vannoverflatene er også hentet herfra.

Civil View materialene for kjøretøyene trenger konvertering til standard V-Ray materialer for å fungere med V-Ray RT. Dette ble oppdaget ved første test-rendering av kjøretøyene. For å løse dette problemet brukes et script kalt Material Converter. Samtlige objekter som innehar materialer som skal konverteres velges, og renderingsmotoren som skal brukes angis. Prosessen er automatisk og tiden det tar er avhengig av antall objekter som innehar materialer som skal konverteres.



Figur 39 - Panel for Material Converter v.1.24

Merk at kompleksiteten av materialer, som oppløsningen og refleksjoner har innvirkning på renderingstiden. Det er derfor viktig å være varsom med bruk av komplekse materialer (Marcello, 2016). I denne oppgaven brukes og datamaskinens skjermkort (GPU) for rendering. Skjermkortet som blir brukt har 4 GB minne, som i forhold til generelt minne for maskinen på 16 GB, er lite. Alle teksturer må lastes til GPU-minne ved rendering og dette gjør at størrelse, dvs. oppløsningen bør begrenses til hva som visuelt er absolutt nødvendig. Gjennom V-Ray RT skaleres bildene automatisk til maks 512x512 piksler. (chaosgroup.com, 2015). Det er verdt å være oppmerksom på er dette, spesielt for ortofoto, som gir utslag på detaljnivået. Dette fordi ett ortofoto-bilde, altså en tekstur, dekker et stort område og er derfor typisk av høy oppløsning.

2.5.11 Vegetasjon

De største delene av det virkelige området modellen bygger på, dekkes hverken av veg, vann, bygninger eller andre konstruksjoner, men av vegetasjon. For en realistisk fremstilling er man derfor avhengig av at store områder dekkes med trær, åkere og gress. Hvor realistiske, altså på hvilket detaljnivå en skal legges seg, kan vaires fra rene teksturer, til faktisk 3D-modelert

vegetasjon på grasstrå-nivå. Men dess høyere detaljnivå, dess høyere antall polygoner og medfølgende lengre renderingstid (Marcello, 2016). I denne oppgaven er det satt opp en modell uten vegetasjon, én med kun trær og en med 3D-vegetasjon på alle flater nært tilknyttet vegen.

Hvilket nivå man legger seg på bør også være direkte knyttet til hvordan prosjektet ønskes fremstilt. Hvis trafikken skal ha absolutt fokus, holder det trolig lenge med kun trær. Dette gjelder også om kameraplasseringen er langt unna målet, ved for eksempel en fremstilling slik det ville sett ut fra et helikopter. I disse tilfellene kan en trolig ha større nytte av høyere oppløsning på ortofoto og spare seg for bruk av detaljert vegetasjon, som gress, grus eller åkere. Høyere oppløsninger krever mer minne, men renderes uansett lagt raskere som følge av lavere polygonantall. Minnebruken kan også balanseres ut mot mindre bruk av vegetasjon med høyt polygontall. I andre tilfeller, hvor kamerafokuset ligger tettere på detaljer, kan bruk av detaljert vegetasjon helt klart gi et mer realistisk bilde. Kanskje også en bedre forståelse av hvordan et vegprosjekt virker inn på lokalmiljøet. Merk at det kun er ved animasjoner renderingstiden virkelig er en utfordring. Dette fordi en animasjon er en sammensetning av enkeltbilder. I denne oppgaven brukes 25 bilder per sekund. Om man derimot ønsker detaljert utsnitt, i form av bilder, kan disse derfor renderes ut uten særlig bekymring for tidsbruken.

Forest Pack Pro 5.x:

3D-modeller for all vegetasjon, og spredning av disse i terrenget, er gjort med Forest Pack Pro 5, utgitt av iToo Software. Det ble, som nevnt tidligere, utviklet en spesialavtale iToo Software, da de ikke tilbyr studentlisens for Forest Pack Pro. En fullversjon med ett års lisens ble gitt med forutsetning om at de får tilgang til den animasjonen. Det vil også bli skrevet en case-studie for deres sosiale mediekkanaler. Veileder ved NTNU, Arvid Aakre er informert om dette.

Materialer for alle elementer som spres med Forest Pack Pro 5 er allerede inkludert og krever ingen videre redigering. Det er likevel mulig å tilpasse disse, hvis man for eksempel ønsker høstfarge på trærne eller større variasjon mellom dem. Galleriet med trær inkludert er ikke veldig stort, da dette selges separat. Det fins allikevel nok nordiske trær for å kunne gi en grei fremstilling. Gress, åkere, steiner og grus, følger med i såpass omfang at man ikke fant begrensinger her (docs.itoosoft.com, 2016d).

Vegetasjonen fremstilles i 3D og som nevnt fører dette til stor kompleksitet i modellen, særlig når det er snakk om større områder. Når det jobbes med modellen vil derfor vegetasjonen vises som punktsky istedenfor vanlig triangler. Dette er kun for å gjøre modellen lettere håndterlig mens man jobber, og har ingen betydning for endelig animasjon (docs.itoosoft.com, 2016d). Alle områder med vegetasjon vil kunne deles inn i «lag» i 3ds Max. Det vil være lurt å skru av de lagene man ikke jobber med. På denne måten gjøres også modellen langt mer håndterlig.

En funksjon som er verdt å merke seg er muligheten til å knytte vegetasjonen i modellen til synsfeltet for et kamera. Denne funksjonen står på som standard, men kan stilles inn for et bedre resultat. Funksjonen gjør det mulig å begrense data som lastes ved rendering, ved kun å laste inn det som faktisk vises. På den måten kan man sette opp vegetasjon for en stor modell, men kun hente ut vegetasjonen man trenger gjennom animasjonen. Dette reduserer minnebruken og renderingstiden betydelig (docs.itoosoft.com, 2016d).

Det er også mulig å animere vind for trær og annen vegetasjon. Dette er gjort med funksjonene «Noise Modifier» og «Bend Modifier» i 3ds Max. Teknikkene gjør det mulig å bøye objekter i en bestemt retning og med bestemt utfall, samt å «strekke» objekter slik at de fremstår som i bevegelse (knowledge.autodesk.com, 2016a, knowledge.autodesk.com, 2016c). Bevegelsene animeres opp i ønsket hastighet og variasjon. Når grunn-treet er animert opp, vil alle trær følge denne bevegelsen, så lenge animasjon er aktivert for objektet i Forest Pack Pro (docs.itoosoft.com, 2016b). Teknikken er brukt i enkelte scener for å gi økt realisme i fremstillingen.

Detaljert beskrivelse av hvordan Forest Pack Pro 5.x brukes gis ikke i denne oppgaven. Dette ville tatt for lang tid. Ingen av teknikkene som er brukt er heller spesielt utviklet akkurat for denne oppgaven og det vil derfor være bedre å benytte seg av medfølgende dokumentasjon og veiledningsvideoer. Dette er tilgjengelig via deres nettsider: itoosoft.com.

2.5.12 Rendering og animasjon

Det er stor forskjell i et rendert bilde og modellen man jobber med. Se eksempel på dette i illustrasjonene under. Definisjonen av rendering finnes i «1.12 - Forkortelser og begreper».



Figur 40 - Modell: Ikke-rendert



Figur 41 - Rendert

I denne oppgaven er all rendering gjort med V-Ray, utviklet av Chaosgroup. V-Ray ble valgt på bakgrunn av flere aspekter. I først ledd er det en av verdens fremste renderingsmotorer hva angår endelig bildekvalitet og brukes av profesjonelle visualiserings-firmaer over hele kloden (vrayfor4d.net, 2015). Det var også påkrevd at renderingsmotoren ble støttet av Forest Pack Pro 5.x (docs.itoosoft.com, 2016d). Videre er V-Ray lett tilgjengelig i studentversjon. Her dekket Multiconsult utgiften. Et viktig aspekt var også at Multiconsult var interessert i å undersøke hvor effektiv denne motoren var (Zapart, 2016).

Allerede gjennom min prosjektoppgave skrevet om samme team, kom det frem at V-Ray var langt raskere enn for eksempel Mental Ray. Man hadde ikke på det tidspunktet tilgang på en fullversjon av V-Ray, men indikasjonen var helt tydelig. I denne oppgaven benyttes V-Ray RT, som utnytter maskinens skjermkort (GPU) (chaosgroup.com, 2015). Dette har redusert renderingstiden ytterligere.

En rekke faktorer påvirker renderingstiden. For en gitt scene er det valgt renderingsmotor og tilgjengelig maskinvare som har størst påvirkning. Der det er mulig å endre kompleksiteten i scenen, eksempelvis ved å begrense 3D-modellert vegetasjon og antall kjøretøy, vil også

renderingstiden bli påvirket i stor grad. Oppløsningen det renders i har også stor betydning på hvor raskt prosessen lar seg gjennomføre (Marcello, 2016). I denne oppgaven bruker man 1920x1080 pixler, som er standard full-HD oppløsning. Dette er en veletablert markedsstandard og bør være optimal for de fleste fremvisnings scenarier idag (Rouse, 2013).

Det går ikke inn på brukt maskinvare og muligheter knyttet nyere utstyr, før i resultatdelen. Dette fordi metoden ikke er utviklet for et bestemt maskinoppsett. Man viser heller til hva som har vært mulig med utstyret tilgjengelig og hvordan annet utstyr trolig ville påvirke viktige aspekter som renderingstid. Tester og resultater finnes i kapittel «3.4.8 - Rendering og maskinvare».

Gjennom test og bruk har man funnet V-Ray RT å være et godt valg med tanke på hvordan sette opp en effektiv modell.

Ekstern rendering:

Det er også mulig å gjøre rendering på eksterne maskiner. Disse kalles på engelsk «Render Farms», og er maskiner dedikert og optimalisert for denne type oppgave. Man betaler for leie av disse, og selskapene som tilbyr dem garanterer meget lave renderingstider (chaosgroup.com, 2016). Det er ikke gjeninnført tester av disse tjeneste, da man var nødt til å avgrense oppgaven til bruk av lokalt utstyr, som følge av mangel på tid. Disse tjenestene er trolig også kostbare å få testet skikkelig. Bruk av eksterne maskiner for rendering, blir derfor ikke kommentert ut over dette.

Animering / fremstilling av video:

Et kamera settes opp til bruk for å «fly» gjennom scenen eller bli statisk plassert. På dette stadiet er det mulig å fremstille en animasjon ut i fra formålet med modellen. Er det ønskelig med et generelt helhetsinntrykk vil en «fly over» ofte være en god fremstilling. Hvis modellen viser seg å kunne brukes for å belyse trafikksikkerhetsaspekter kan et perspektiv sett fra menneskeøyne eller fra et sykkelsete, vises seg fornuftig. Det er ikke tidkrevende arbeid å sette opp et kamera.

Kanskje en av de viktigste mulighetene ved bruk av simulert trafikk, er at man kan vise forskjellige trafikksituasjoner. Fokuset kan eksempelvis bli lagt på trafikkavvikling i spesifikke kryss rundt om i vegnettet og dernest belyse trafikkavviklingen for ulike utforminger. Det er også mulig å vise simulert trafikk for dagens bilde og for en predikert fremtid. Dette kan eksempelvis være en god måte å vise frem et simulert scenario for ulike deler av nye bypakker på. Det er fremstilt en video som viser hvordan dette kan gjøres for modellgrunnlaget brukt i denne oppgaven (se video-vedlegg 2.1).

Animasjonen er som for all video satt sammen av bilder og «output» fra renderingen, og kan enten settes til video direkte eller enkeltbilder. Å bruke enkeltbilder har sin klare fordel ved at det kan jobbes med mer eller mindre ukomprimert data og heller senere velge evt. komprimering for video. En annen fordel er at man kan render ut et par bilder av gangen. Data går ikke tapt om noe skulle skjære seg, fordi bildene allerede er lagret, og man kan starte renderingen der man slapp. Man velger uansett på forhånd hvilke bilder fra animasjonen som ønskes rendert ut. I denne oppgaven er det brukt 25 bilder per sekund for å oppnå god flyt, men

det kan være ønskelig med helt opp til 60 bilder per sekund ved raske bevegelser. Når renderingen er avsluttet brukes et verktøy til å sette bildene samme til video. Man har valgt å bruke «Images To Video» utviklet av Jaromir Sivic og utgitt på www.cze.cz. Programmet har ønsket funksjonalitet i et enkelt oppsett og er fritt tilgjengelig også for kommersielt bruk.

Å begrense renderingstid for animasjon:

Foruten valg av renderingsmotor og maskinvare er det viktig for oppnåelse av raskere renderingstid å begrense antall polygoner i scenen og med det den totale datamengden som skal lastes inn (Marcello, 2016). Det er ikke funnet funksjonalitet lik den for Forest Pack Pro, som begrenser data lastet til hva som vises i kamerasyntfeltet. De fleste objektene, som vegbane, sideområder osv. er det vanskelig å gjøre noe med, fordi de utgjør en del av stort sett alle utsnitt et kamera måtte dekke i modellen. Det er i stedet blitt sett på muligheten av å begrense antall kjøretøy, som påvirker lastetiden for renderinger betydelig. Resultater for tester gjort på dette er vist i kapittel «3.4.2 - Import: Trafikksimuleringsdata fra AIMSUN og tilpasning til underlaget».

Metoden basers på først å isolere ut kjøretøyene og dernest velge ønsket kameravinkel. Videre velges alle kjøretøy som vises i scenen gjennom animasjonen og disse grupperes opp. Således kan alle andre kjøretøy skjules og det spares inn tid på lastetiden for rendering.

Etter at animasjonen er ferdig satt opp, kan det fort oppleves feil som det tidligere ikke er blitt lagt merke til. Dette kan typisk gjelde for kjøretøy som faller gjennom vegbanen, eller vegetasjon som virker feilplassert. Det er derfor å anbefale å render ut eksempelvis hvert 25. bilde i lav kvalitet og se over disse før alle bilene renders til animasjonen. På den måten gis det et utsnitt for hvert sekund av animasjonen, som gir et godt grunnlag for å kunne finne evt. feil og mangler.

Etter-redigering:

Når man til slutt sitter klar med en faktisk video-presentasjon av prosjektet, er det ønskelig å redigere inn ulike elementer som skal synliggjøre viktig aspekter. I denne oppgaven gjelder dette spesielt trafikk. Eksempelvis kan det være ønskelig å vise forsinkelse for en før og etter situasjon som grafikk i videoen. I tillegg til tittel og andre forklarende elementer i scenen. Hvilke programmer som egner seg til dette, har man ikke hatt tid til å se nærmere på. Man kan dog merke seg at Multiconsult blant annet bruker Adobe Premier til denne type arbeid (Jenssen, 2016).

3. Resultater

Metoden i forrige kapittel tar utgangspunkt i Multiconsult sitt datagrunnlag for prosjektet «Reguleringsplan: E6 – Gyllan-Røskaft». Selv om man kun har jobbet med ett datagrunnlag, har man hatt stort fokus på at metoden skal fungere for alle prosjekter som stammer fra prosjektering i Novapoint og Virtual Map. Thomas Jenssen bekrefter at datagrunnlaget er på et oppsett av relativt standard karakter, og at de ikke foretar større endringer i oppsettet enn det som er standard for prosjektering i Novapoint (Jenssen, 2016). Videre anvendes det teknikker som ikke tilpasser seg kun situasjonen for dette prosjektet. Dvs. at metoden og programvaren som bruktes er overførbare både til andre prosjekter og forsøkt forståelig utviklet for alle med kun generell kompetanse for aktuell programvare.

I dette kapittelet gjennomgås metoden steg for steg. Visuelle resultater fremlegges, men også resultater fra tester hva angår tidsbruk og kompleksitet for de ulike delene av metoden. Dette er viktig for å opprettholde fokus på problemstilling i oppgaven. **«Hvordan effektivisere oppsettet for en 3D-visualisering av vegprosjekter med faktiske trafikkmodeller fra AIMSUN?»**.

Om prosjektet «Reguleringsplan: E6 – Gyllan-Røskaft»:

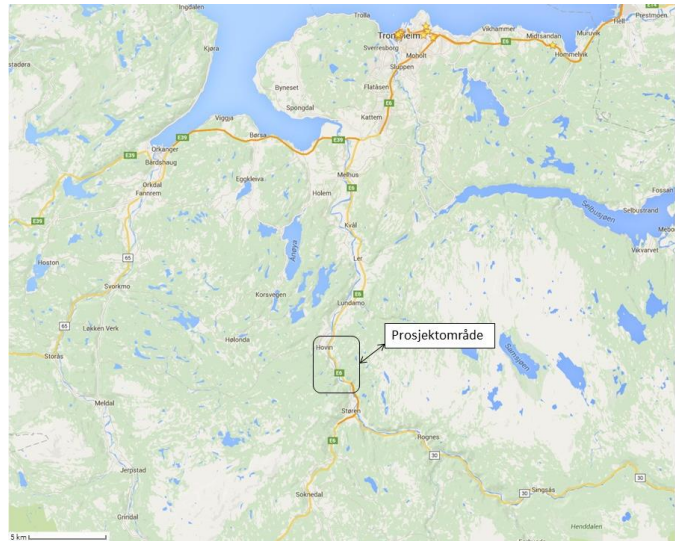
Reguleringsplan for E6 – Gyllan-Røskaft, ble levert 16. oktober 2015 av Multiconsult og regnes som tidligfaseplanlegging. Oppdragsgiver er Statens Vegvesen.

Prosjektet er valgt på bakgrunn av elementer vegnettet er bygget opp av, som rundkjøringer, kryss og av- og påkjøringsarmer. Dette for å teste metodens evne til å takle ulike kryssløsninger og generelt høyere kompleksitet enn bare enkle vegseksjoner. Videre var det ønskelig med noe kupert terreng for å teste utslaget dette ville kunne gi tilpasningen mellom kjøretøy og vegbane. Området har spredd bebyggelse, noe som egnet seg godt fordi det ikke er blitt prioritert tid på detaljerte 3D-modeller og teksturer.

Prosjekteringen inkluderer om lag 4,3 km ny 4-felts veg, 4,6 km med 2-felts lokalveg, samt 2 rundkjøringer, 2 T-kryss og 4 av- og påkjøringsramper.



Figur 42 - Virtual Map modell av prosjektet



Figur 43 - Prosjektområde (Google Maps)

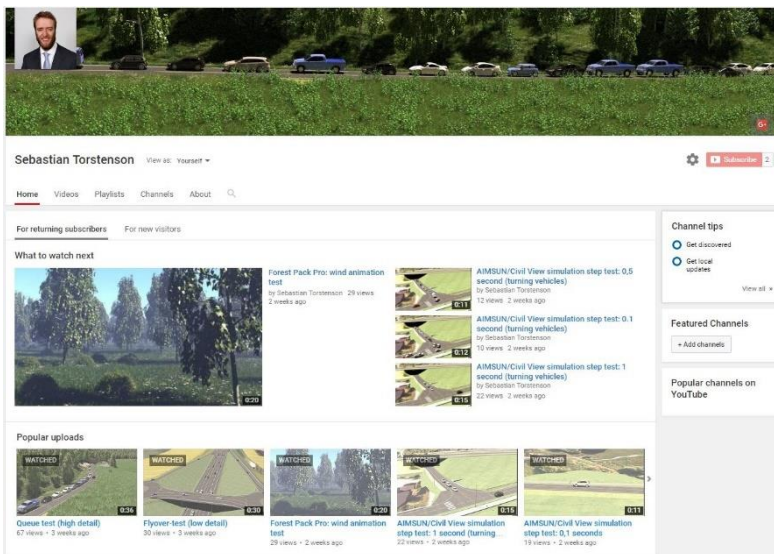
Tidsbruk:

Det er i tabell 11 fremstilt en enkel oversikt over tiden brukt for hver del av metoden. Dette er altså tiden man anslår det har tatt å gjennomføre hvert steg, basert på erfaringer gjort i denne oppgaven, med datagrunnlaget beskrevet over. Merk at grunnlaget stammer fra tidligfase prosjektering, noe som har medført ekstra tid til oppretninger.

Fremvisning av resultater:

På bakgrunn av oppgavens visuelle karakter vises mange av resultatene best i video-form. Som følge av dette er det blitt opprettet en YouTube-kanal, hvor de viktigste resultatene er lastet opp. Alle videoer her er gitt samme navn som de har i vedleggslisten.

Kanalen er tilgjengelig på: <https://www.youtube.com/c/SebastianTorstenson>



Figur 44 - YouTube-kanal for resultater

Tabell 10 - Tidsbruk for metoden (forklaring)

Metodedel	Primære dataverktøy
Klargjøring av modellgrunnlag	Virtual Map, AutoCAD, Civil 3D
Trafikkmodellering	AIMSUN, QGIS, AutoCAD MAP 3D
3D visualisering – 3ds Max 2016	3ds Max, Civil View, Forest pack pro, V-Ray

Tabell 11 - Tidsbruk for metoden

Steg	Tid [t]	Kommentar
Laginndeling og gruppehåndtering	3 (0,5)	Ved mer systematisk oppsett av VM modell, vil tiden brukt reduseres kraftig
Overflategeometri	3 (0)	Ved ferdig detalj-prosjektering, tilnærmet tidsbruk lik 0
Eksport	0,5	
Totalt:	6,5 (1)	Anslår rundt 1 time ved detalj-prosjektering
Konstruksjon av vegnettverk for simulering	4	Tid brukt ved høy presisjon. Klart for endelig animasjon med minimale avvik
Trafikkdata	0,5	Fiktivt tall, ingen kalibrering
Kjøretøy	4 (0)	Førstegangsoppsett, tilnærmet 0 timer ellers
Simulering og eksport av data	0,2	
Totalt:	8,7 (4,7)	Anslår rundt 4,7 timer med ferdig oppsett for kjøretøy
Import: Datagrunnlag fra Virtual Map	0,5	
Import: Trafikksimuleringsdata fra AIMSUN og tilpasning til underlaget	3 (0,75)	Om lag 0,75 timer uten animerte roterende hjul på kjøretøyene. (I hovedsak automatiske prosesser, men låst modell)
Lyssystem og kameraoppsett	1	Inkluderer ulike utsnitt og animerte kamerabevegelser
Resterende objekter	3 (0)	Inkluderer lyktstolper for alle veger, midtdeler og nye skiltstolper. 0 timer med detaljprosjektering som utgangspunkt
Materialer og teksturer	0,3	
Vegetasjon	6 (3)	Anslår 6 timer med vegetasjon for alle områder innenfor 150m av vegen, samt trær for hele terrenget. 3 timer med kun trær
Rendering og animasjon	-	Helt avhengig av detaljnivå og antall minutter med animasjon som skal produseres
Totalt:	13,8 (5,55)	Uten rendering
Totalt alle deler:	29 (11,2)	Uten rendering

3.1 Forberedende arbeider

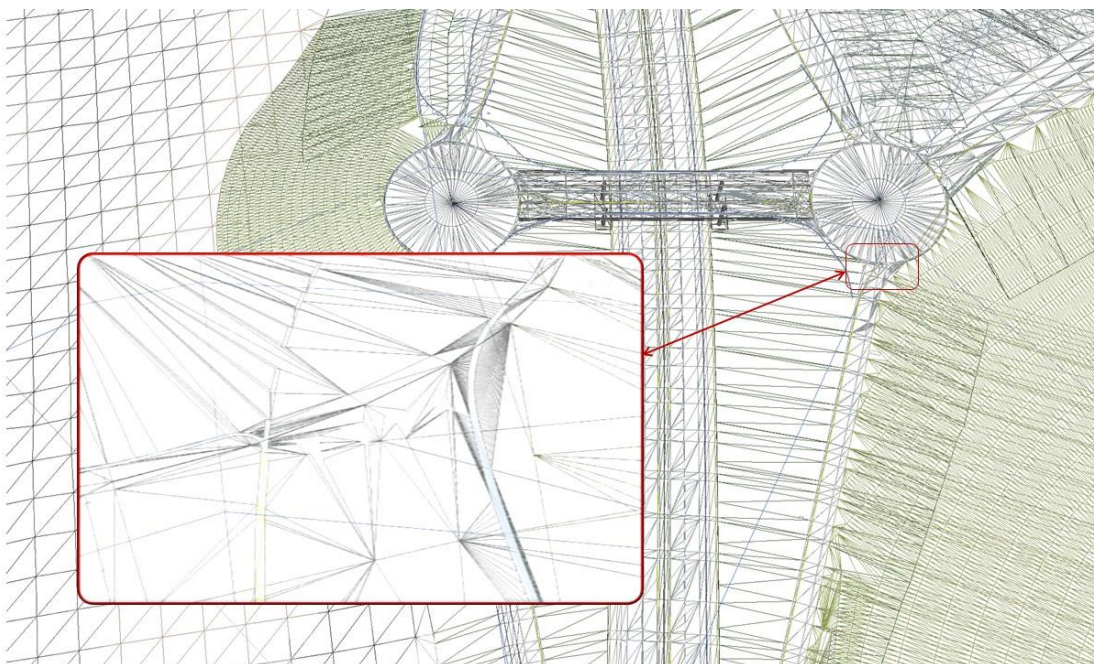
For generell oversikt virker Virtual Map å egne seg meget godt. Detaljnivået er akkurat så godt at kontroll over modellen er enkelt å tilveie seg. Samtidig oppleves god flyt som følge av heller lav kompleksitet.

Objekter som lyktestolper, skilt, konstruksjoner m.m. kommer tydelig frem. Hva som videre evt. måtte kreves av tilpasninger eller nytt oppsett i 3ds Max, skal ikke være vanskelig å gjøres opp tanker om.

Hva angår omfanget for oppsett av vegnettverk i AIMSUN-modellen, er det viktig å se etter elementene av vegen som krever manuelt oppsett. Dette betyr typisk, kryss, rundkjøringer, innsnevring og utvidelse av antall kjørefelt, samt av- og påkjøringsramper. VM gir en enkel og tydelig oversikt, hvilket gjør at denne delen av arbeidet, krever minimalt med tid. Det skal være mulig raskt å kunne anslå omfanget av arbeidet som må gjøres for et aktuelt prosjekt i AIMSUN.

Å avdekke feil eller mangler i overflategeometrien er vanskelig, spesielt om man ikke vet hvor det typisk oppstår. For grunnlaget gitt i denne oppgaven viste det seg å være typisk å finne feil i overganger mellom ulike elementer. Eksempelvis der to veger møtes i et kryss, eller der en avkjøringsrampe kobler seg på en rundkjøring. Som figur 45 viser, er det nesten umulig å oppdage feil på avstand. Det er først når det zoomes tett innpå man har mulighet til å oppdage den. Har man i tillegg et godt øye, kan det oppdages hull i geometrien. Når det i modellen også gis mulighet til å rotere rundt i 3D, vil man også kunne se at det er en veldig skarp stigning direkte opp mot rundkjøringen. På mange måter kan det være mer effektivt å sette opp trafikk i modellen for så å oppdage feilene, gjennom enkel visualisering i 3ds Max. På den måten unngås oppretting av feil i modellen, som kanskje aldri ville gitt et negativt utslag for trafikken.

Det er sannsynlig at det i tettbebygde strøk vil kreve langt mer tid for korrigerings av feil i overflategeometrien. Dette grunnet flere kryss, rundkjøringer og andre elementer som krever manuell tilpasning.



Figur 45 - Feil i overflate geometri (utsnitt)

3.2 Klargjøring av modellgrunnlag

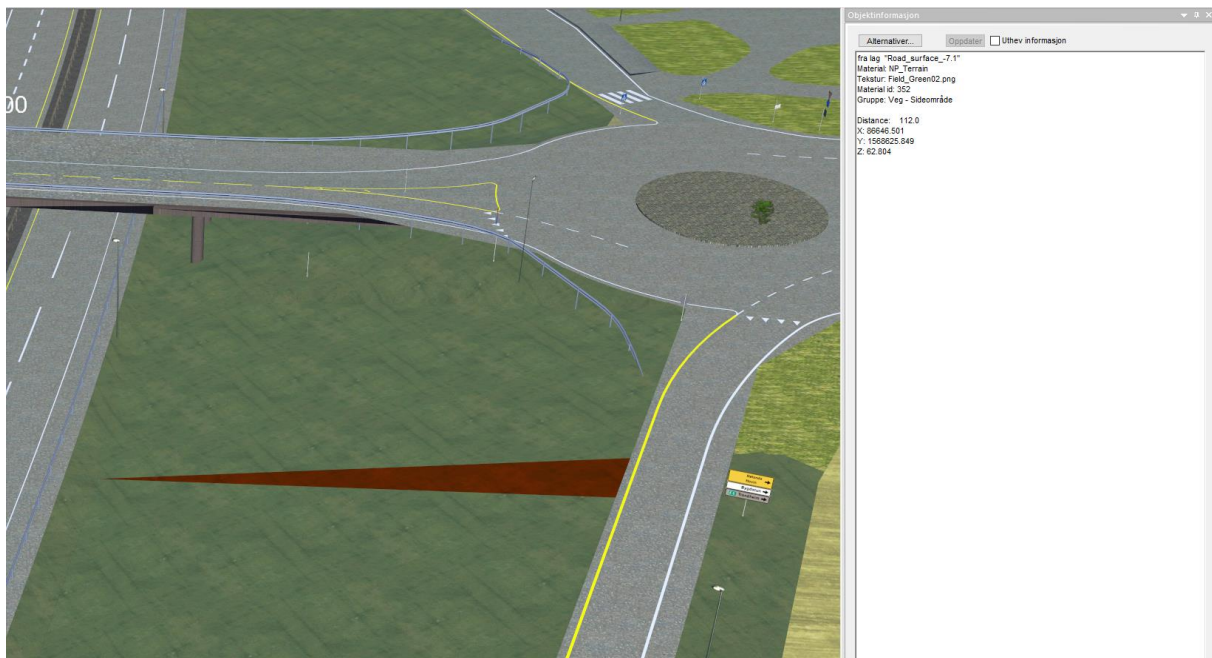
Klargjøringen for videre eksport viste seg til dels utforende. Dette som følge av feil og mangler i modellgrunnlaget, samt at ikke alle objekter egner seg for eksport for oppsettet i denne oppgave. Den konkrete eksporten fra VM og senere importen i 3ds Max, har på sin side vist seg meget «rett frem», når metoden for dette var på plass.

3.2.1 Laginndeling og gruppehåndtering

For grunnlaget gitt i denne oppgaven var den allerede oppsatte lag og gruppeinndelingen stort sett god nok for videre eksport. Det fantes allikevel områder som krevde ytterligere bearbeidelse for å kunne gjøre senere prosesser gjennomførbare eller enklere. Dette gjaldt primært gruppeinndelingen for en del overflater, og da spesielt vegbanen. Tidsaspektet her kan direkte relateres til hvilken forståelse som innehas for den opprinnelige laginndelingen. For dette grunnlaget, består .dwg filen som inneholder selve veggen av 66 lag. Dette inkluderer også lag for gang- og sykkelstier, en del sideområder, fyllinger og skjæringer. Det ble derfor brukt en del tid på å få minimert områdene for trafikk, før det kunne tilordnes en egen gruppe for eksport.

En del objekter med tilhørende lag, manglet tilordning til en gruppe. Dette ble først oppdaget da tomme filer ble eksportert for objekter man trodde var del av en gruppe. Ved hjelp av verktøy for objektinformasjon i VM ble det funnet ut av hvilke objekter dette gjaldt. Nytt lag til gruppeinndeling ble gjort i AutoCAD og ny VM modell satt opp. Alt i alt var dette ikke veldig tidkrevende.

Å skille ut nødvendige områder hvor man, over to eller flere plan har kryssende trafikk, var ikke krevende. Dette fordi det kun fins én bro og én kulvert i modellen der dette kreves.



Figur 46 - Markert området i rødt med korresponderende objektinformasjon til høyre

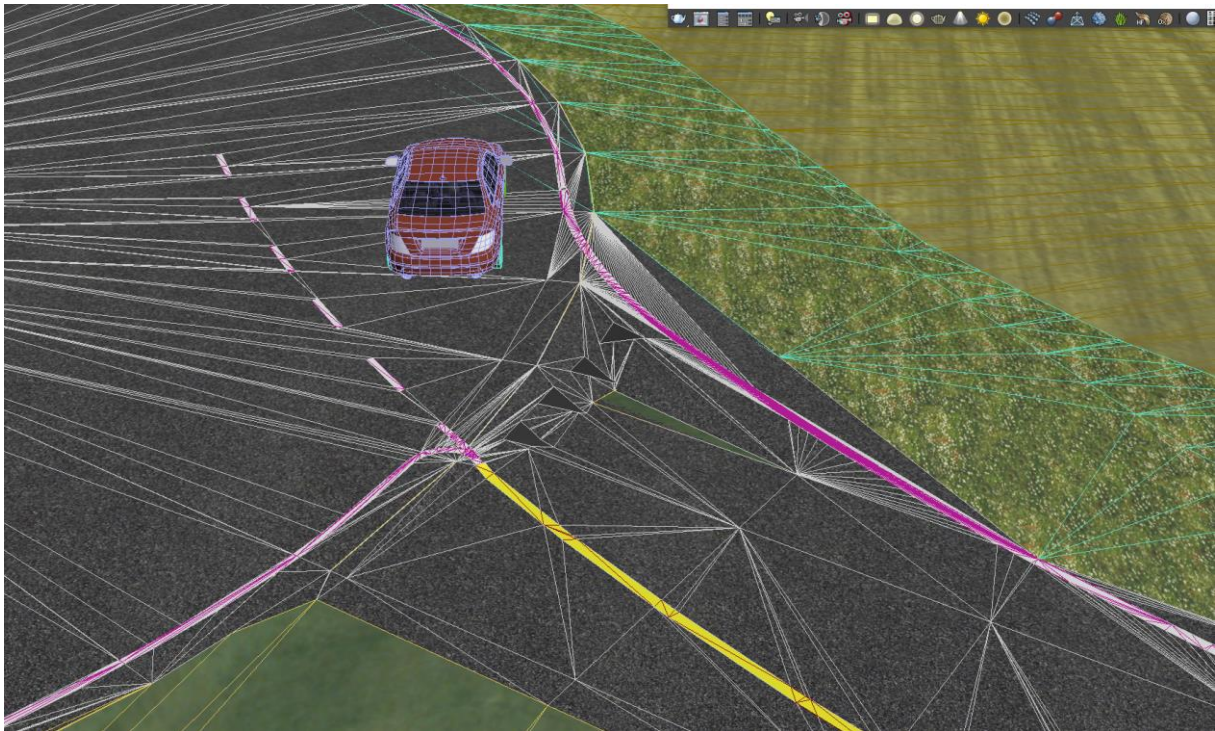
3.2.2 Overflategeometri

Som beskrevet i metod delen, er overflategeometrien for vegbanen sårbar for feil og mangler. Dette fordi kjøretøyene skal tilpasses denne overflaten ved hjelp av verktøy tilgjengelig gjennom Civil View. Det forelå flere feil i modellgrunnlaget. På figur 47 og 48, er denne

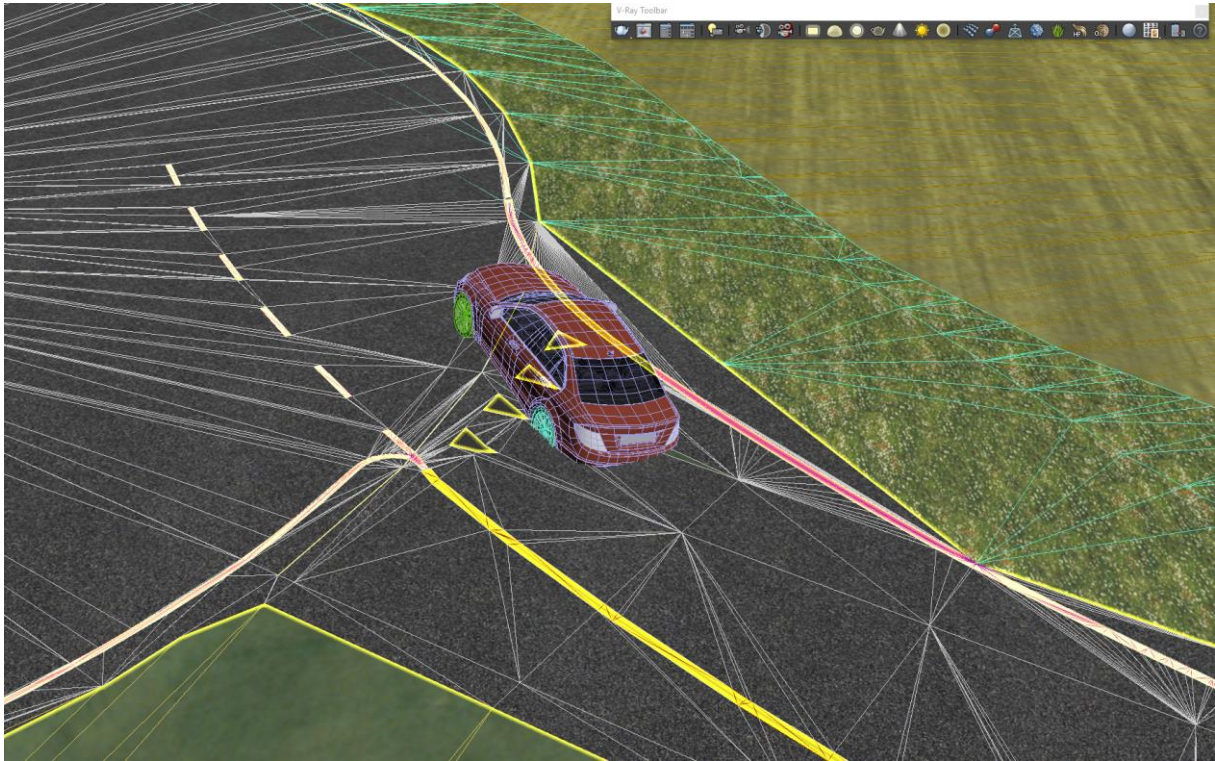
problematikken forsøkt illustrert. Merk at det er ikke så enkelt i få frem feilene i en 2-dimensjonal tegning, men på figur 47 kan det oppdages både et hull og en skarp overgang inn mot rundkjøringen. Den skarpe overgangen fører til at kjøretøyet, som er tilpasset underlaget, får en helt feil vinkel. Dette kommer tydelig frem i figur 48. Hvis punktet for tilpasningen av kjøretøy til underlag hadde truffet hullet i underlaget, ville kjøretøyet «droppet» gjennom hele modellen akkurat her.

Oppretting av feil har man funnet mest effektiv å gjøre i AutoCAD Civil 3D, med et verktøy kalt «Object Viewer». «Object Viewer» gjør det mulig å isolere deler av et objekt og se på polygonoppbygningen på en mer oversiktlig måte. I figur 49 vises overgangen inn mot rundkjøring etter at opprettingen har funnet sted, slik den ser ut i «Object Viewer»

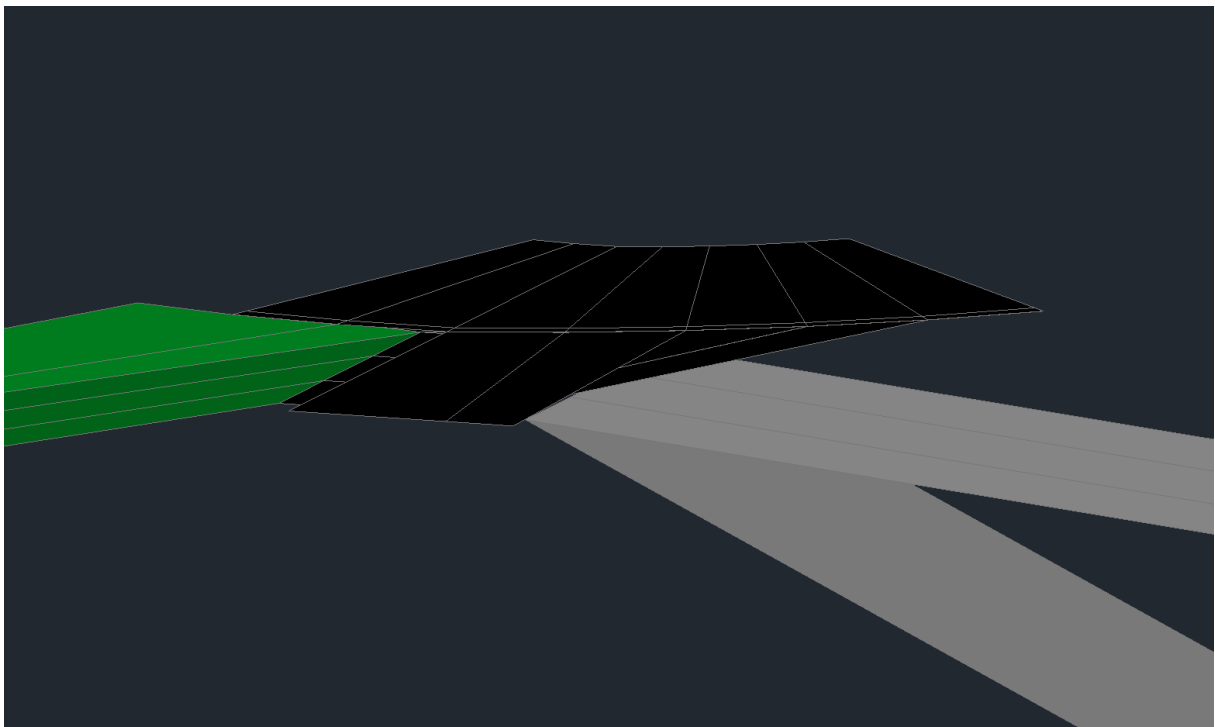
Å rette disse feilene er kan fort være tidkrevende fordi det ikke alltid er like lett å se hvilke polygoner som bør slettes og hvor det bør tegnes nye.



Figur 47 - Hull i overflategeometrien og skarp overgang inn mot rundkjøring



Figur 48 - Konsekvens ved tilpasning av kjøretøy til underlag



Figur 49 - Utsnitt fra "Object Viewer"

Også utenfor vegen fins feil i overflategeometrien. I figur 50, vises et mellomrom i overgangen mellom en gangsti og en fylling. For dette modellgrunnlaget er dette en større feil, da den strekker seg langs hele gangstien. Det er ikke blitt lagt vekt på å rette opp i alle slike feil, da de ikke har gått på bekostning av realismen i nevneverdig grad. Feilen i figur 50 synes for eksempel lite når kameravinkelen er en annen.



Figur 50 - Typiske feil i modellgrunnet

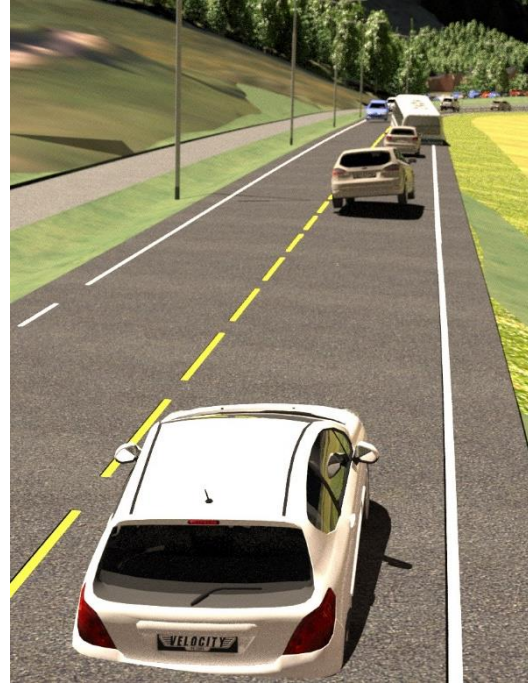
3.2.3 Eksport

Etter fullført redigering og optimalisering av lag, grupper og geometri var selve eksporten en lite tidkrevende prosess. Det eneste verdt å merke seg er bruken av .obj og .FBX som eksportformat. .FBX viste seg å være best for vegoverflaten. Grunnen til dette er at kjøretøytilpasningen har vist seg å fungere bedre med dette filformatet, uten at man har klart å sette fingeren på hvorfor. Kjøretøyene følger vegbanen slik det er ment, mens de mot en overfalte importert som .obj, tilpasses meget dårlig. De oppstår her helt merkelig og får plutselige utslag som om underlaget ikke var jevnt.

Alle andre objekter er eksportert som .obj. Dette fordi det oppsto en feil med aksene (x,y,z) for importen av .FBX som gjorde at all vegetasjon ble modellert opp liggende, langs underlaget. Det fins trolig en innstilling som retter opp dette, men den ble aldri oppdaget. Man valgte heller å bruke .obj som fungerte til formålet.



Figur 51 - Trær modellert mot .FBX



Figur 52 - Kjt. tilpasset .obj

3.3 Trafikkmodellering

Det er satt stort fokus på effektiviteten for denne delen av oppgaven. Basert på tilbakemeldinger er spesielt opptegning av vegnettverk for simulering, en tidkrevende affære grunnet presisjonen som kreves. Resultatene i dette kapittelet viser hvordan det har vært mulig å oppnå høy presisjon uten for mange manuelle tilpasninger.

3.3.1 Konstruksjon av vegnettverk for simulering

Metoden for konstruksjon av vegnettverk i AIMSUN har vist seg å fungere meget godt. Tidsbruken er betydelig redusert, sammenlignet med testene for manuell opptegning. Gjennom den manuelle tilnærmingen klarte man heller aldri å oppnå presisjonen nødvendig for en endelig animasjon. Feilene hva angår for dårlig presisjon fra AIMSUN, fremstår i 3ds Max med kjøretøy plassert feil i forhold til kjørebanelen. I figur 53 vises også hvor stort avvik en liten feil i opptegningen kan medføre. I figur 54 vises presisjonen for endelig resultatet ved opptegning via SHAPE.



Figur 53 - Avvik fra AIMSUN til 3ds Max



Figur 54 - Presisjon for kjøretøy, endelig animasjon

3.3.2 Trafikkdata

Trafikkdata i denne oppgaven er brukt for å vise potensialet ved bruk av simulert data i visualiseringer av vegprosjekter. Å kunne visualisere endringer i kødannelse og forsinkelser i før- og etter-situasjoner er et godt eksempel på dette. En kan for eksempel vise en lang kø inn mot et spesifikt kryss, for så å tenke seg at endringer andre steder i vegnettet løser opp denne. I tillegg har det blitt pekt på utfordringer knyttet til store datamengder; altså hvor mange kjøretøy som er importert i 3ds Max. Trafikkvolum for tett trafikk har derfor også fungert som test for dette. Dette er beskrevet i kapittel 3.4.2 - Import: Trafikksimuleringsdata fra AIMSUN og tilpasning til underlaget»

Det er i denne oppgaven blitt satt opp trafikkvolum for to scenarioer. Fri-flyt og tett trafikk. Dette for nettopp å kunne vise en fiktiv før- og etter-situasjon, dagens situasjon mot fremtidens, og for å teste større datamengder.

Tabellen under viser antall kjøretøy totalt i AIMSUN modellen. I tillegg vises hvor mange kjøretøy dette tilsvarer i 3ds Max, ved en import av 137 sekunder simulert data.

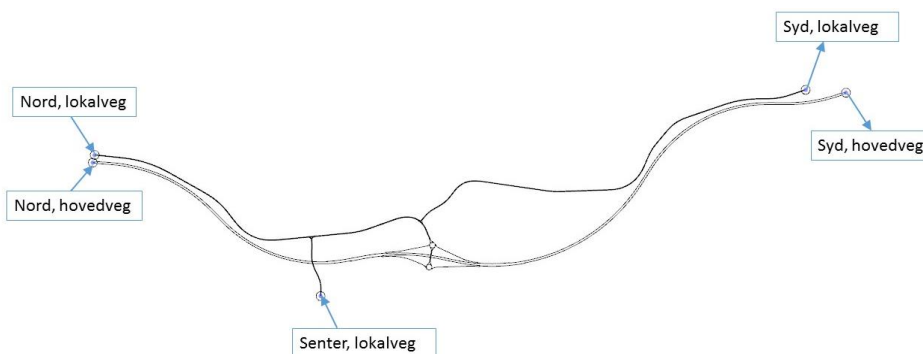
Tabell 12 - Trafikkdata, totalt for modellen

	Fri-flyt	Tett trafikk
Antall kjt. (AIMSUN)	7045 kjt/time	25821 kjt/time
137 sek import (3ds Max)	700	1125 kjt

Som det fremkommer av tabell 12, er reduksjonen i antall kjøretøy per time i AIMSUN større enn reduksjonen for importerte kjøretøy i 3ds Max. Dette skyldes trolig at det er hentet ut data fra et tidlig tidspunkt i simuleringen, noe som er diskutert nærmere i kapittel «3.3.4 - Simulering og eksport av data».

Trafikken er fordelt med noder, hvor trafikkvolumet er satt opp på matriseform. I hovedsak går trafikken på hovedvegen, mens nodene for lokalvegen er satt opp med mellom 2,5 til 10 % av dette. For simuleringen av tett trafikk, førte dette til lange køer inn mot de to kryssene i modellen, mens trafikken på hovedvegen fløt godt. Reduksjonen til 700 kjøretøy lettet trafikken såpass, at køene ble mer eller mindre oppløst inn mot kryssene.

De to trafikkscenarioene danner grunnlaget for kanskje den viktigste video-presentasjonen i oppgaven. Gjennom en «fly-over» veksles det mellom de to scenarioene for å vise hvordan trafikken muligens vil forandre seg fra dagens situasjon, til en gang inn i fremtiden. Det legges størst vekt på trafikkflyten i de to kryssene. Presentasjonen er lagt ved som video-vedlegg 2.1.



Figur 55 - AIMSUN: Noder

3.3.3 Kjøretøy

Som følge av problematikken rundt manglede lengde-korrespondanse mellom simulerte kjøretøy i AIMSUN og kjøretøy modellene i 3ds Max, var det nødvendig å opprette nye personbil-klasser.

Når det opprettes en ny klasse får disse parameterne uten variasjon, og ikke slik en standard personbil-klassen i AIMSUN er satt opp (TSS, 2015a). Dette er eksempelvis verdier for maks og min akselerasjon, og en rekke andre verdier som påvirker et kjøretøy på vegen. Det var ikke ønskelig at de nye personbil-klassene skulle avvike noe fra bil-klassene med variasjon i AIMSUN. Dette fordi man ikke ville påvirke resultatet for simuleringen. Som følge av dette var det ikke bare lengden som måtte settes for hver personbil-klasse, men også en rekke andre parametere måtte settes.

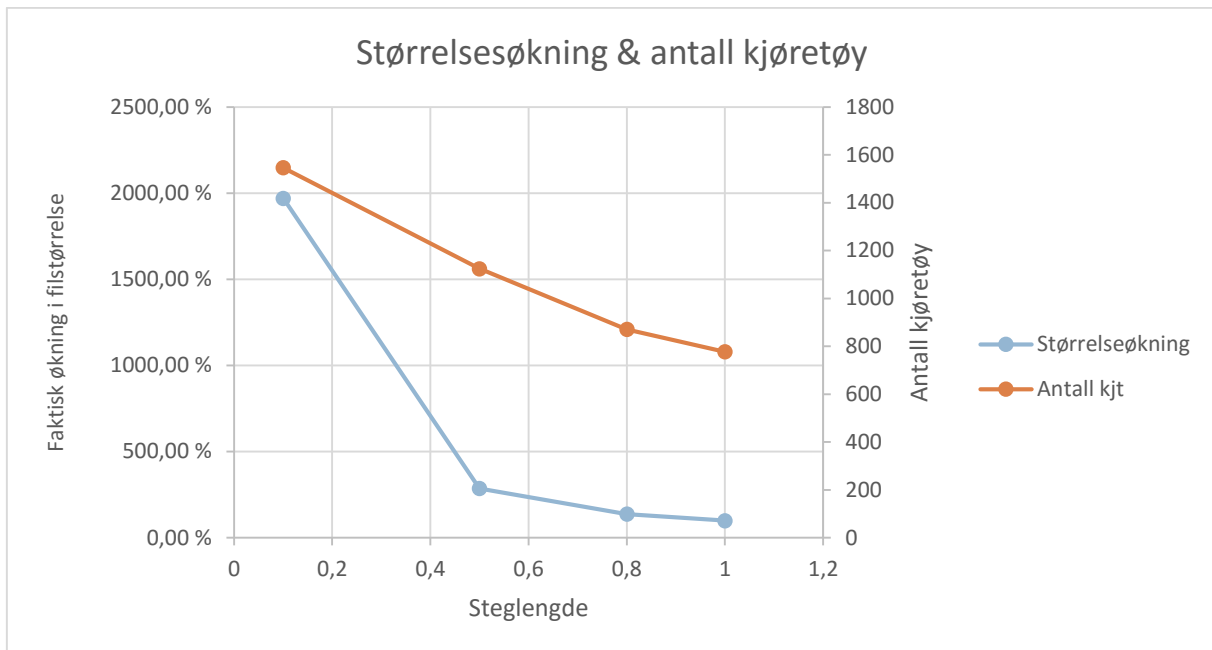
Å opprette de 19 nye klassene som er brukt i oppgaven tok derfor en del tid. Disse nye klassene kan dog brukes igjen ved å starte neste AIMSUN-prosjekt, der disse allerede er lastet inn. Det er med andre ord mulig å slette alt annet i AIMSUN-modellen og kun beholde oppsettet for kjøretøymodellene. Denne filen kan brukes som base for neste prosjekt. Tiden brukt i denne delen av metoden er derfor bare et engangstilfelle, så lenge man har tilgang på oppsettet.

3.3.4 Simulering og eksport av data

Selve eksporten er enkel. Det kreves kun å aktivere tillegget for eksport av filformatet FZP og å kjøre en simulering. Datamengden som eksporteres er avhengig av tidsrom, antall kjøretøy og steglengden (oppdateringsfrekvensen) (TSS, 2015a). Merk at stor datamengde ved eksport ikke blir et problem før senere, når data skal behandles i 3ds Max. Tabellen under viser hvordan datamengden eksportert, varierer med steglengde. For denne testen er det brukt eksport av 30 sekunder med simulering. Utsnittet er tatt fra 4 minutter inn i simuleringen og 30 sekunder frem. Legg merke til at antall kjøretøy FZP-filen innehar, varierer betydelig avhengig av steglengde.

Tabell 13 - AIMSUN FZP-eksport: Filstørrelse basert på steglengde

	Filstørrelse	Antall kjøretøy
1,0 sek	5,0 MB	777
0,8 sek	6,9 MB	871
0,5 sek	14,3 MB	1124
0,1 sek	98,5 MB	1546



Figur 56 - Graf: Størrelsesøkning mot antall kjøretøy

Som man ser av grafen over gir en reduksjon i steglengde på 90%, fra 1 til 0,1 sek, en økning i filstørrelse på omtrent 2000 %. Når det også tas med i betraktning at dette inkluderer en økning i antall kjøretøy på om lag 50 % får man følgende resultatet for endring i filstørrelse:

$$\text{Filstørrelse ved 90\% endring i steglengde} = 2000\% \cdot 50\% = 90\%, \text{ fohold } 1:1$$

Det samme gjelder hvis man ser på en reduksjon i steglengde på 20 %, fra 0,5 sekund til 0,1 sekund. Man får en økning i filstørrelse på om lag 85 %, sammen med en økning i antall kjøretøy på rundt 27 %.

$$\text{Filstørrelse ved 20\% endring i steglengde} = 85\% \cdot 27\% = 23\%, \text{ fohold } 2,3:2$$

Det antas derfor lineær sammenheng når man ser på steglengde mot økning i filstørrelse.

Den eneste parameteren som er endret i AIMSUN, sett i forhold til standard innstillingene, er nettopp simuleringsteglengden. Det er derfor ønskelig å undersøke hvordan denne verdien påvirker det endelige resultatet av en simulering. Dette også fordi man så endring i antall kjøretøy i scenen ved samme tidsrom, men ulik steglengde. Simuleringsteglengden er, som nevnt tidligere, også reaksjonstid for kjøretøyene i AIMSUN og steget påvirker endelig resultat (TSS, 2015a). Selv om simulering og kalibrering i seg selv ikke er fokus i denne oppgaven ønsker man ikke at det endelige resultat ikke lenger skal være gyldig i forhold til input-data. Det er derfor ført opp noen kjerneverdier for 5 og 60 minutter med mikrosimulering, for modellen satt opp i denne oppgaven.

Tabell 14 - AIMSUN: Resultater fra 5 min med mikrosimulering

Steglengde [sek]	0,1	0,5	0,8 (standard)	1
Total forsinkelse [sek/km]	8,8	7,73	6,97	7,44
Total tetthet [kjt/km]	55,36	29,96	21,86	18,27
Total trafikkstrøm [kjt/time]	6288	5052	3468	3036

Tabell 15 - AIMSUN: Resultater fra 60 min med mikrosimulering

Steglengde [sek]	0,1	0,5	0,8 (standard)	1
Total forsinkelse [sek/km]	39,97	40,72	24,92	26,61
Total tetthet [kjt/km]	53,01	46,37	37,59	34,44
Total trafikkstrøm [kjt/time]	12793	10747	10416	8930

Tabellen over viser store utslag for bruk av forskjellige steglengder. Spesielt tydelig er forskjellen i total tetthet og trafikkstrøm. Avviket mellom 0,8 sekund og 1 sekund er likevel ikke nevneverdig stort og man har derfor valgt å gå videre med 1 sekund som steglengde. Dette skyldes både at balansen mellom ytelse og datamengde er funnet god her og at det visuelle resultatet for animasjonen var tilfredsstillende. Det vil bli brukt 0,8 sekund i fremtidige prosjekter for å opprettholde standardverdien i AIMSUN.

Om man skulle finne situasjoner der lavere steglengde vil gi bedre visuelt resultat, må man være meget obs på å justere reaksjonstiden separat. Dette så det opprettholdes en så realistisk simulering som mulig.

Som det fremkommer av resultatene over, er det store avvik mellom data fra 5 minutter med simulering og 60. Dette skyldes trolig at trafikkvolumet på vegen starter ved null og bygger seg opp derfra. Det vil derfor ikke være mulig å oppnå en kø som reflekterer trafikkvolumet som er satt, før det har gått en viss tid. For en realistisk presentasjon er det derfor langt bedre å hente ut data på et senere tidspunkt i simuleringen. I denne oppgaven er det hentet ut data fra et tidlig tidspunkt i simuleringen. Dette blir likevel ikke sett på som noe problem for testing av metoden, fordi korrespondanse med input-data ikke spiller noen rolle, så lenge ønsket resultat er oppnådd i 3ds Max.

3.4 3D visualisering – 3ds Max 2016

I del-kapitelene under følger resultatene fra hver enkelt del av metoden for oppsett i 3ds Max.

3.4.1 Import: Datagrunnlag fra Virtual Map

Importen fra VM er en effektiv og lite tidkrevende prosess. Man møtte likevel på en del utfordringer før endelig metode ble utformet. Dette angikk blant annet utfordringen rundt valg av filtype brukt for objektene i modellen. Dette er beskrevet i kapittel «3.2.3 - Eksport».

Et annet problem, som er beskrevet i kapittel 2.3.5, er at ikke alle objekter håndteres korrekt i 3ds Max hvis de er plassert langt fra senter (0,0,0). Dette ble bekreftet i denne oppgaven. Kjøretøyenes roterende hjul fikk feil plassering og feilmeldinger ved rendering i V-Ray advarte mot plassering langt fra senter (0,0,0). Plasseringen var da korresponderende med de georefererte koordinatene man jobbet med i AutoCAD, VM og AIMSUN. Problemet ble løst ved å hente ut georeferert-senter for VM modellen og flytte alle kjøretøy med tilsvarende verdi og negativt fortegn. På den måten ble kjøretøyene behandlet korrekt i 3ds Max rundt (0,0,0).

Modellen for denne oppgaven fremstår som i vist i figur 58 - importert modellgrunnlag fra vm, vist i 3ds max, etter import av grunnlagsdata fra VM.



Figur 57 - Plassering i georefererte koordinater



Figur 58 - Importert modellgrunnlag fra VM, vist i 3ds Max

3.4.2 Import: Trafikksimuleringsdata fra AIMSUN og tilpasning til underlaget

Importen av simuleringsdata fra AIMSUN, tilpasningen til underlaget og innlasting av kjøretøymodeller kan være tidkrevende. I hovedsak er det antall kjøretøy som avgjør tidsbruk og som påvirker den generelle håndtering av modell og renderingstiden. Det er derfor blitt gjennomført tester hvor man ser på hvordan import av simuleringsdata påvirker tidsbruken og renderingstiden for prosjektet.

Merk at automatisk animering av hjul påvirker tidsbruken og det er derfor gjort tester med og uten denne funksjonen aktiv (help.autodesk.com, 2016e). Man sjekket at programmet ikke blir påvirket av antall kjøretøy prosessene blir utført på.

Tidsbruken i endret lastetid for rendering ga ikke store nok utslag ved innlasting av få kjøretøy. Man så derfor kun på utslaget med alle kjøretøy lastet til modellen. Med endring i lastetid for rendering menes tiden det tar fra man trykker «render» til den faktisk starter renderingen. Merk at økningen i lastetiden påvirker hvert eneste bilde som renderes ut. Med andre ord vil en økning på for eksempel 30 sekunder, gjøre at 60 sekunder animasjon, med 25 bilder per sekund, tar betydelige 12,5 timer mer (1).

Formel 1 – tillegg i tid for animasjon, basert på økning i renderingstid

$$\text{Ekstra tid} = \frac{\text{ekstra tid per bilde} \left[\frac{s}{\text{bilde}} \right] \cdot \text{bildefrekvens} \left[\frac{\text{bilder}}{s} \right] \cdot \text{lengde animasjon [s]}}{3600 \frac{s}{\text{time}}} = 12,5 \text{ timer}$$

$$(1) \text{ Ekstra tid} = \frac{30 \frac{s}{\text{bilde}} \cdot 25 \frac{\text{bilder}}{s} \cdot 60s}{3600 \frac{s}{\text{time}}} = 12,5 \text{ timer}$$

For å teste endring av selve renderingstiden, er scenen i figur 59 brukt. Den inneholder 18 kjøretøy, modellgrunnet fra VM og lysoppsett brukt gjennom hele oppgaven. Som målestokk ser man på hvor mange «render passes» V-Ray rekker med 1 minutt faktisk renderingstid. Dette er en fin målestokk, da man vil rekke færre «render passes», dess mer kompleks scenen er (Marcello, 2016).



Figur 59 - Testscene for rendering

For rendering brukes V-Ray RT med maskinens GPU som prosessor for kalkulasjonen. Som følge av begrenset tilgjengelig minne er det av stor betydning å se på endringen i minnebruken som følge av innlastede kjøretøymodeller. Merk at det er mulig å skjule kjøretøy som ikke vises i scenen for å spare minne, men for denne testen ser man på utslaget når scenen i figur 59 rendes og med alle kjøretøy lastet. Altså ikke kun de som vises, men alle 1125 kjøretøyene som er lastet i modellen.

Til å måle minnemengden skjermkortet bruker, har man benyttet programmet «Afterburner» fra MSI. Programmet gir detaljert overvåking over skjermkortets ressursbruk (gaming.msi.com, 2016).

Tabell 16 - Import av trafikksimuleringsdata, datagrunnlag og innstillinger

Datagrunnlag og innstillinger:	
Antall kjøretøy importert	1125
Antall kjøretøy i OD matrise	25821 kjt/time
Simuleringssteg	1 sek
Utsnitt i tid	30 sek
Filstørrelse (FZP eksport AIMSUN)	23,5 MB
Antall overflate-elementer i vegbanen	125008
Spesifikk kurstilpasning	0-360 grader (ingen)

Tabell 17 - Import av trafikksimuleringsdata, resultater

Steg:	Handling:	Tid/størrelses/«render passes»:
Import	Import kjøretøy	10 sek
	Endring i modellstørrelse	23 MB
	Endring i lastetid rendering	~0 sek
	Endring i renderingstid (16 3D-bokser)	~ingen endring
Tilpasning til underlag	Endring i modellstørrelse	~0 MB
	Tid for 35 kjt.	21,23 sek
	Tid for 70 kjt.	42,28 sek
	Tid for 174 kjt.	1:48,9 (min:sek)
	Tid for alle 1125 kjt.	11:26,5 (min:sek)
Innlasting av Civil View kjt.-modeller (m/ hjul rotasjon)	Tid 35 kjt	40 sek
	Tid 67 kjt	1:37 sek
	Tid 132 kjt	5 min
	Tid for alle 1125 kjt	2:13:30 (time:min:sek)
	Økning i lastetid for rendering	~41 sek
	Økning i oppnådde «render passes»	13,5 %
	Økning i minnemengde (GPU)	1250 MB
	Økning i modellstørrelse	198 MB
	Tid 35 kjt	8 sek
	Tid 67 kjt	11 sek
Innlasting av Civil View kjt.-modeller (u/ hjul rotasjon)	Tid 132 kjt	17 sek
	Tid for alle 1125 kjt	2:05 (min:sek)
	Økning i lastetid for rendering	32 sek
	Økning i oppnådde «render passes»	21%
	Økning i minnemengde (GPU)	1258 MB
	Økning i modellstørrelse	219

Import:

Som det fremkommer av resultatene påvirker ikke importen eller tilpasningen til underlaget renderingstid eller størrelse på modellen i nevneverdig grad. Disse prosessene tar altså den tiden det tar, uten å påvirke videre arbeid. Import og tilpasningen til underlag er som nevnt også automatiske prosesser og en trenger ikke overvåke disse. Merk allikevel at man ikke kan jobbe med modellen mens prosessen pågår. Resultatene viser tilnærmet lineær sammenheng mellom antall kjøretøy importert og tidsbruken. En kan derfor kjøre tilpasningen på alle kjøretøyene samtidig, uten at dette skal påvirke tidsbruken.

Tilpasning til underlag:

Det er først gjennom innlasting av kjøretøymodeller det gis utslag som påvirker det videre arbeidet. Her registreres det store utslag hva angår bruk av roterende hjul eller ikke. Merk også at innlastingstiden er langt fra lineær mellom antall kjøretøy importerte med roterende hjul og tidsbruken. Tidsmessig vil det derfor lønne seg å ta inn rundt 70 kjøretøy av gangen, i alle fall med maskinvaren brukt i denne oppgaven. For import uten roterende hjul ser man en tilnærmet lineær sammenheng. Tidsbruken er også minimal sammenlignet med den for roterende hjul.

Innlasting av Civil View kjøretøymodeller:

Lastetiden for rendering øker med 41 sekunder per bilde med hjulrotasjon og 32 sek uten rotasjon. Dette gjør produksjonen av animasjon tregere. Man kan med ord potensielt spare 9 sekunder per bilde ved å ikke benytte hjulrotasjonen. Å rendere bilder til en animasjon er en automatisk prosess, men det er lite ønskelig at effektiviteten fra start til slutt påvirkes i for stor grad av lastetiden for rendering. Viktig å merke seg er at lastetid for rendering er en CPU krevende prosess og at CPUen brukt i denne oppgaven i skrivende stund er 8 år gammel. Med mer moderne utstyr er det derfor høyst realistisk at prosessen vil kunne gå vesentlig raskere. Mer om den anvendte maskinvare i del-kapittel «3.4.8 - Rendering og maskinvare»

Merk at lastetid for rendering altså er en CPU tung prosessen, mens selve renderingen er en GPU tung prosess.

Endring i tid for selve renderingen av et bilde påvirker lite. V-Ray RT viser seg med andre ord å takle ekstra kompleksitet i form av kjøretøyer godt.

Den økte minnebruken for GPUen ligger på om lag 1,25 GB, både med og uten hjulrotasjon. Dette tilsvarer 31 % av den totalt tilgjengelige minnemengden. Sammen med vegetasjon, generell bruk for 3ds Max og operativsystemet (Microsoft Windows 10), har man opplevd å gå tom for minne, og renderingsprosessen avbrytes. Tilgjengelig minne er avhengig av hvilket skjermkort (GPU) som benyttes. Dette er en komponent som kan oppgraderes. GPU brukt i denne oppgaven er av nyeste generasjon, men det er ingen toppmodell.

Endringen i modellstørrelse som følge av innlastede kjøretøy har man ikke opplevd som noe dirkete problem, annet enn økt tid for lagring og åpning. Endringer er også tilnærmet lik med og uten roterende hjul.

Samlet påvirkning fra antall kjøretøy i scenen:

Gjennom kontakten stiftet med norske aktører, er et høyt antall kjøretøy i modellen blitt pekt på som en utfordring. Slik det anses, bør et antall på noe over 1000 kjøretøy i scenen, som er brukt for testing i denne oppgaven, kunne representere de fleste situasjoner med tett trafikk. I

alle fall så lenge kameravinkelen ikke dekker et veldig stort område. Det ses derfor positivt på håndteringen av flere kjøretøy for metodikken som er utviklet, så lenge maskinvaren som benyttes er kraftig og tilpasset formålet.

Valg av simuleringsteg:

Valget for simuleringsteglengde er basert på to faktorer: Hvordan den påvirker prosesser for tilpasning til underlaget og hvordan det hele fremstår visuelt i endelig animasjon. Man bør også ha et øye på tidsbruken for import av kjøretøy til 3ds Max, da denne også er direkte påvirket av steglengden

Proessen for tilpasning til underlaget viser seg fra resultatene i tabell 17 å ta 11 min og 26 sekunder for 1125 kjøretøy over 30 sekunder, med 1 sekund i steglengde. Under følger en enkelt test på hvor lang tid en tilpasning til underlaget tar, basert på steglengden. Forholdet mellom antall kjøretøy og tidsbruken viste seg å være tilnærmet lineær, derfor er testen gjennomført med et fast antall av 35 kjøretøy. Her er det både importert 35 kjøretøy og tilpasset 35 kjøretøy. Dette for å eliminere påvirkning fra det totale antall kjøretøy i scenen, som har vist seg variere basert på steglengde og ikke bare tidsrommet for eksportert data. Resultatet under kan derfor ikke direkte sammenliknes med de fremstilt for data brukt i oppgaven i tabell 16. Tabell 18 er kun ment for en direkte sammenligning av tiden det tar for tilpasningen til underlaget, basert på steglengde og 137 sekunder og 35 kjøretøy importert. Modellen det testes i er den samme som for resten av oppgaven.

Tabell 18 - Tidsbruk for kjøretøytilpasning til underlaget, basert på steglengde

Steglengde [sek]	Tid for tilpasning til underlag [min:sek]
0,1	01:50,7
0,5	00:25,1
0,8	00:19,8
1,0	00:17,7

Resultatene viser en tydelig og direkte sammenheng mellom steglengde og tid for tilpasning til underlaget. Selv om dette er en automatisk prosess er dette såkalt låst tid, hvilket betyr at det ikke kan jobbes i modellen. Dette fordi 3ds Max fryser når kalkuleringene gjøres. Basert på lineær sammenheng mellom antall biler og tiden det tar for tilpasningen blir dette tidkrevende når man benytter mange kjøretøy i modellen. Under har man gjennomført en enkel utregning på hvor lang tid det vil ta å tilpasse 1125 kjøretøy, med en steglengde på 0,1 sekund ((1),(2)).

Formel 2 - Tidsbruk for kjøretøytilpasning til underlaget, tid per kjøretøy

$$Tid \text{ per kjøretøy} = \frac{\text{tilpasningstid [s]}}{\text{antall kjt. [#]}} = \frac{s}{kjt}$$

Formel 3 - Tidsbruk for kjøretøytilpasning til underlaget, totalt

$$Tid \text{ tilpasning totalt} = \text{antall kjt. [#]} \cdot \frac{s}{kjt} = tid[s]$$

Tilpasningstid for 1125 kjøretøy, steglengde = 0,1 sek:

$$(1) \text{ Tid per kjøretøy} = \frac{110,7s}{35kjt} = 3,16 \frac{s}{kjt}$$

$$(2) \text{ Tid tilpasning} = 1125kjt \cdot 3,16 \frac{s}{kjt} = 3555 s = 59 \text{ min og } 15 \text{ sek}$$

Nå er det uansett ikke aktuelt å bruke en så kort steglengde i denne oppgaven. Dette basert på de visuelle resultatene sett i den endelig animasjonen. Resultatene fremstår som «hakkete», fordi det virker som underlaget ikke er jevnt nok. Mer om dette i resultatdelen av oppgaven. Hvis underlaget derimot er helt jevnt, kan det være aktuelt å bruke kortere steglengde slik at man oppnår økt presisjon for kjøretøyene i visualiseringen. Det kan derfor være nyttig å merke seg resultatene fra tabell 18, hvis dette er aktuelt.

Steglengde og visuelt resultat:

Hvor godt input-dataen blir presentert i visualiseringen, er neste punkt for valg av steglengde. Her bør 0,8 sekunder, som er AIMSUN sin standardverdi være tilnærmet optimalt. Man har allikevel valgt å bruke 1 sekund. Dette fordi det både har gjort modellen brukt i oppgaven noe lettere å jobbe med inn mot en maskinvare som ikke er optimal, samt at det visuelle resultatet ble funnet tilfredsstillende med denne innstillingen. Metoden utviklet i denne oppgaven baserer seg likevel på bruk av 0,8 sekunder i steglengde for fremtidig bruk. Dette for å sikre bruk av AIMSUN standardverdier.

Den visuelle tilknytningen til valg av steglengde bygger på hvordan kjøretøyene fremstår i endelig animasjon. Dette er det vanskelig å beskrive med ord. Derfor er det langt bedre å se videoen fremstilt for denne masteroppgaven. Her ser man på hvordan kjøretøyene følger underlaget i 50 km/t, på rett en strekning og hvordan svingbevelenser fremstår i et kryss. Under diskuteres resultatene for de ulike steglengden. Merk at det ikke er produsert videotester av steglengder på mer enn 1 sekund. Selv med ikke-rendert animasjon i 3ds Max, viste steglengder på over 1 sekund å gi meget dårlig resultater for skarpe svingebevegelser. Dette var heller ikke uventet da retningsendringen for et kjøretøy bli for stor per sekund med animasjon, når det er snakk om for eksempel bevegelse gjennom et kryss.

Tabell 19 - Visuelle resultater for ulike steglengder

Steglengde [s]	Video-vedlegg	Kommentar
0,1	2.4 og 2.5	Hverken for rettstrekningen, eller krysset, ga dette resultater vært å gå videre med. Kjøretøyet fremstår som det «spretter» opp og ned i vegoverflaten og meg veldige rykninger gjennom krysset.
0,5	2.6 og 2.7	Man ser ikke uventet samme tendens som for 0,1 sekunder, men i begrenset grad.
0,8	2.8	Ved 0,8 sekunder fremstår feilen i tilpasningen til underlaget mer som en bølge- bevegelse. At kjøretøy befinner seg noe over og under vegoverflatene gir derfor ikke så negative konsekvenser for fremstillingen.
1	2.9 og 2.10	Forskjellen fra 0,8 til 1 sekund er minimal og man har funnet begge resultatene tilfredsstillende.

Resultatene viser store utslag for kjøretøyenes bevegelse ved ulike steglengder. Desto lavere steglengde, dvs. høyre oppdateringsfrekvens, desto mer presist blir kjøretøyene plassert i vegbanen. Samtidig fører en lavere steglengde til at kjøretøyene «spretter» opp og ned langs vegbanene i høyere hastigheter. Man mener dette kan forklares med at tilpasningen generelt, aldri viser seg å være helt perfekt. Som følge av dette vil kjøretøyene på et gitt tidspunkt enten forsvinne seg litt ned i vegbanen eller sveve en del over. Kun få ganger vil kjøretøyene befinne seg nøyaktig på overflaten. Når steglengden er lav, oppdateres kjøretøyenes tilpasning til underlaget så ofte at de altså fremstår som om de «spretter» opp og ned. Ved større steglengder fremtrer kjøretøyene isteden roligere og «bølgende», noe som nesten kan virke som et naturlig utslag i bilens fjæring. Man mener derfor at det uten tvil er bedre med steglengder rundt 1 sekund, enn 0,1 sekund som er det laveste mulige i AIMSUN.

Med kortere steglengder har man langt større datamengder enn ved lengere. Dette reflekteres videre gjennom tiden som brukes for tilpasningen til underlaget og ikke minst avvik i simuleringresultatene i AIMSUN. Sammen med resultatene fra animasjonseksemplene mener man at bruk av AIMSUN sin standardverdi for steglengde på 0,8 sekunder, er den best egnede.

Testene for animasjon viser også at kjøretøyenes svingebevegelser fremstår urealistisk, selv med korte steglengder. Dette ser ut til å skyldes at kjøretøyene ikke følger framhjulene, men heller flyttes som en kloss med senter av klossen som referanse. Et kjøretøy fremstår derfor som det glir rund svingen. Dette kommer også frem gjennom kontakt med Vatne, fra Rambøll, som sier problemet er enda mer fremtreende for større kjøretøy (Vatne, 2015). Å gå mer i detalj på dette området har det ikke vært prioritert tid til i denne oppgave. Forhåpentligvis er dette også noe som kan forbedres i senere versjoner av Civil View.

Viktig å huske på er at underlagsgeometrien kjøretøyene er tilpasset, stammer fra prosjekteringsgrunnlaget i Novapoint og eksporten fra VM. Det fins ingen garanti for at disse overflatene er spesielt godt egnet for tilpasning av kjøretøy. Dette er ikke blitt belyst videre i denne oppgaven fordi det var ønskelig å se på nettopp et grunnlag prosjektert med Novapoint.

3.4.3 Lyssystem og kameraoppsett

HDRI-bilde for lysoppsett:

Lyssystemet i modellen er satt opp som beskrevet i del-kapitel «2.5.7 - Lyssystem og kameraoppsett». Man har funnet kombinasjonen ved bruk av «VRaySun» og et HDRI bilde gi både gode resultater og god kontroll over lyset i scenene. Innstillingene for kameraet er satt på samme måte som man ville gjort for et ekte kamera og er tilpasset lysforholdene i scenen.

Man opplevde allikevel et problem ved bruk av HDRI bilder. Et HDRI bilde har for dette formålet horisontlinjen nøyaktig midt i bilde. HDRI bildet brukt i modellen inkluderer noe vegetasjon som betyr at noe av denne vegetasjonen vises noe over horisontlinjen. Grunnen til at det ikke er blitt brukt et bilde uten vegetasjon, er fordi det ikke har vært mulig å oppdrive dette gratis.

I denne oppgaven er det i tillegg ikke blitt benyttet en terrengmodell stor nok til å fylle hele kameravinkelen i alle scener. Modellgrunlaget inkluderte ikke dette. Følgende av det vises i vegetasjonen i HDRI bildet ved rendering, noe som gir et meget dårlig resultat. Dette ble løst ved å tilte bilde ned i 3ds Max, slik at vegetasjonen forsvant under den ikke korrekte horisontlinjen i modellen. Dette er ingen god løsning fordi man begrenser kameravinkelen i en viss retning. Snus kameraet til 180 grader, vil «tilten» på HDRI bildet peke i feil retning og problemet blir enda større. Man har uansett benyttet seg av «tilt» i denne oppgaven, fordi det ikke har vært nødvendig med en 180 graders rotasjon av kameraet innenfor samme animasjon. For fremtidige prosjekter vil man uansett benytte seg av større terrengmodeller og potensielt et HDRI bilde uten vegstasjon.



Figur 60 - Feil for HDRI-bilde

«Depth-of-Field» og «Motion Blur»:

Det er gjennomført tester for bruken av «Depth-of-Field» og «Motion Blur». I figur 61 og 62, viser man hvordan samme motiv, med fokuspunkt på kjøretøyet i forgrunnen, ser ut med og uten effekten «Depth-of-Field». Effekten gir en viss økning i realismen, men egner seg ikke nødvendigvis like godt for alle tilfeller. Når fokuspunktet ligger lenger vekt begrenses også sløringen, akkurat som for et ekte kamera. Det kan derfor diskuteres om en øning på om lag 7% i renderingstid kan forsvares. «Depth-of-Field» er brukt i video-vedlegg 2.2

I figur 63 og 64 vises det hvordan et bilde ser ut med og uten «Motion Blur» fremstår. Effekten oppleves å gi bedre flyt i bildet og en mer naturlig fremtoning av objekter i rask bevegelse. Teknikk ble ikke brukt i scener med 200 eller flere kjøretøy, da den har vist seg å være for minnekrevende. «Motion Blur» er brukt i video-vedlegg 2.2.



Figur 61 - «Depth-of-Field» av



Figur 62 - «Depth-of-Field» på



Figur 63 - «Motion Blur» av



Figur 64 - «Motion Blur» på

3.4.4 Optimalisering av overflategeometrier og laginndelinger

Optimaliseringen av overflategeometrien angår spesielt vegoverflaten og feil i denne. Dette for å sikre korrekt tilpasningen mellom kjøretøy og overflatene. I tillegg må lagene som innehar vegoverflate for trafikk siles ut til en egen gruppe. Dette har tatt en del tid, men mye av grunnen til dette var at oppsettet for laginndeling i Novapoint ikke var kjent.

Viktig å huske på er at grunnlaget brukt i denne oppgaven, er fra en tidligfase-prosjektering og inneholder av den grunn typisk mange flere feil enn ved detaljprosjektering. Opprettingen har derfor vært mer omfattende. Dette har uansett vært nyttig for å kunne kartlegge tiden det tar å rette opp feil i modellgrunnlaget, som har innvirkning på den endelige animasjon. Et av formålene med metoden, er å gi et mer realistisk bilde av fremtidige vegprosjekter. Det er da naturlig å vise ulike alternativer fra tidligfaseprosjektering.

Lag- og gruppeinndelingen har stort sett fungert godt, men en del objekter har manglet tilordning til en gruppe. Dette er noe man ser for seg kan forbedres gjennom bedre rutiner ved oppsett av VM-modell i første runde.

Et gjentakende problem opplevd i denne oppgaven, er overlapp av ulike objekter. Man ser typisk at sideterrenget rundt vegen ikke går kant i kant med asfalten, men derimot litt inn under, før det stopper. Dette fører til problemer for utplasseringen av vegetasjon som «tegnes» per objektoverflate. Gress eller annen vegetasjon stikker opp gjennom asfalten en rekke steder i modellen, som illustrert i figur 65. Man er da nødt til å markere ut områder på aktuelle objektoverflater som ikke skal inkludere vegetasjonen. Dette er tungvint arbeid, fordi objektoverflaten kun ligger cm under asfaltdekket og er vanskelig å nå. Det er også vanskelig å oppdage disse feilene før endelig rendering er gjennomført. Økt tidsbruk, spesielt i tidligfase, må derfor medregnes for detaljert bruk av vegetasjon.



Figur 65 - Overlappende objekter, feil for vegetasjon

3.4.5 Resterende objekter

Gjentakende, like objekter:

Bruken av Civil View sin «Object Placement Style Editor» for utplassering av gjentakende elementer, som lyktestolper, har vist å være meget effektivt. Man har likevel støtt på to utfordringer. Den ene utfordringen gjelder veger som endrer bredde. Dette skjer eksempelvis ved av- og påkjøringsramper. Måten «Object Placement Style Editor» fungerer på, gjør at det ikke er mulig å flytte objektene som er plassert. Det er kun mulig å slette dem. Man kan allikevel løse dette ved å importere modellen for aktuell lyktestolpe rett i 3ds Max uten bruk av «Object Placement Style Editor». Da beholdes de som et normalt objekt og kan plasseres hvor man skulle ønske. Manuelle plasseringer i denne oppgaven er gjort ved ramper, broer, tunneler, kryss og rundkjøringer. Alternativt kan man tegne en ny linje der bredden er endret og plassere objekter langs denne. I flere tilfeller vil dette kunne effektivisere arbeidet.

Den andre utfordringen er at objektene plasseres i en egendefinert høyde i forhold til linjen. Det medfører at så snart vegen svinger og endrer tverrfall, oppstår det en høydeforskjell mellom venstre og høyre side av vegen. Som følge av dette vil noen lyktestolper bli plassert for høyt og noen for lavt. I denne oppgaven er det ikke blitt gjort noe med dette, da man følte at den visuelle feilen ikke preget den totale fremstillingen nevneverdig.

Om ønskelig kan dette løses, ved enten å hente frem linjer for vegskulder på begge sider, eller ved å tegne nye linjer. Lyktestolper tegnes da separat for hver siden av vegen. På den måten blir det tatt høyde for forskjellige tverrfall og endring i veggbredden.



Figur 66 - Ut plassert lyktestolper, lik høyde for begge sider av vegen

Ikke-gjentakende objekter:

Teknikken for utplassering av 3D-skiltstolper, fungerte godt, men var ikke effektiv nok. Dette skyldes for mange manuelle operasjoner, som eksempelvis individuell tilordning av 3D-skiltstolperne til rett lokasjon. Presisjonen mellom selve skiltet og stolpen fra datagrunnlaget var heller ikke god, og teksturen for skiltene var transparente, noe som gjorde at alle skilt er synlige fra begge sider. Manuelle tilpasninger ble gjort for noen scener der skiltene var fremtredende i scenen. Å perfektionere teknikker for skiltstolper og skilt har ikke blitt prioritert, da modellgrunnlaget som kjent stammer fra tidligfaseprosjektering og ble oppgitt å inneholde en rekke utferdig elementer.



Figur 67 - 2d-stolpe, feilplassering, VM



Figur 68 - 3D-stolpe, rett plassering, 3ds Max

Den store elven, samt en mindre, ble fremstilt med nedlastet tekstur fra vraymaterials.de og tilleggset «Houdini Ocean». Resultatet, som vises i figur 69, fremstår mer enn bra nok. En bør allikevel legge merke til at elvebredden fremstilles noe urealistisk, da bølgesimuleringen gir en ujevn kant. For økt realisme kan det være nødvendig å legge på vegetasjon med elvebredd.

Oppsettet beskrevet viste seg ikke å gi nevneverdig lengere lastetid for rendering og krever om lag 100 MB minne ved innlasting av alle vannoverflater.



Figur 69 - Den større elven i scenen m/ «Houdini Ocean» og teksturer fra vraymaterials.de

Funksjonen «Populate» for utplassering av animerte personer, ble som nevnt i metoden ikke brukt. Dette som følge av økt datamengde, en vanskeligere håndterlig modell, samt lengere lastetid for rendering. Bruken av animerte personer kan like fullt være aktuelt for å skape mer liv i endelig animasjon. Det ble derfor satt opp en enkel figur, for å vise hvordan personene ser ut i en endelig animasjon.



Figur 70 - Utplasserte mennesker med "Populate"

3.4.6 Materialer og teksturer

Foruten asfalten og elva, er det i hovedsak brukt standardmaterialer for de fleste objekter. For de fleste objekter fremstår resultatene som tilfredsstillende. Når det gjelder overflatene for terrenget har saken derimot vært enn annen og mer utfordrende. Hvordan terrengområdene fremstår, er avhengig av om det benyttes Forest Pack Pro for vegetasjon eller ikke. Der dette tillegget brukes, er nemlig betydning liten for hvordan tekturen under vegetasjonen ser ut. Hvis man på den annen side ikke benytter seg av dette tillegget, er man avhengig av en god tekstur for et visuelt realistisk resultat. Man har forsøkt en rekke nettsider som tilbyr teksturer, men det er få som er spesielt gode. Eller de er kostbare. Bruk av teksturer viser seg uansett å være vanskelig å sette opp på en måte som gir et tilfredsstillende resultat.

For dette modellgrunnlaget er dette en ekstra stor utfordring, da store deler av områdene rundt vegen er tegnet opp med simple teksturer fra VM. I figur 71 vises både fyllinger rundt vegen og en åker kun med teksturene bruk i VM. I figur 72 brukes et ekte bilde av gress som tekstur for sideområdene. Ingen av resultatene kan sies å være tilfredsstillende, til tross for at man har testet ut ulike innstillinger og teksturer. At resultatet ikke er godt har kun betydning dersom man ønsker en realistisk fremstilling hva angår naturlig omgivelser. Hvis trafikken skal ha absolutt fokus, kan man ikke se at omgivelsene har særlig stor innvirkning på helhetsinntrykket. Rendingstiden er den samme for begge teksturene. I neste del-kapittel belyses det videre hvordan bruk av Forest Pack Pro gir utslag både på det visuelle resultatet og renderingstiden.



Figur 71 - Teksturer fra VM



Figur 72 - Ekte gress-tekstur

Ortofoto:

Det har også vært knyttet utfordringer til bruk av ortofoto-teksturene og minnemengden dette krever. Dette er et ekstra kritisk aspekt, siden man i denne oppgaven bruker datamaskinens skjermkort for rendering. Skjermkortet innehar langt mindre minne enn hva som gjelder for datamaskinens normale internminne og kan ikke oppgraderes på annen måte enn å kjøpe et nytt skjermkort. Som følge av den begrensede minnemengden, har man sett på utslaget det gir når skalering av teksturer i dette tilfellet ortofoto, er skrudd av eller på. Det ble brukt standard skalering på maks 512x512 piksler, til sammenligning med ingen skalering i det hele tatt.

Ortofotoene brukt for terrengmodellen består av 51 bilder, hvert med en oppløsning på 3200x2400 piksler og en omtrentlig størrelse på 2 MB hver. Totalt minne tilgjengelig for skjermkortet er som nevnt 4 GB. Scenen brukt for testing består kun av terrengmodellen med ortofoto og standard lysoppsett for denne oppgaven. Om skalering er satt på eller ikke, hadde ingen nevneverdig innvirkning på tidsbruken for innlasting av rendering eller selve renderingen.



Figur 73 - Ortofoto skalert (512x512)



Figur 74 - Ortofoto uten skalering (3200x2400)

Tabell 20 - Minnebruk, med og uten skalering av ortofoto

Figur	Minne brukt [MB]	Endring [MB]
Figur 73 (m/ skalering)	2349	
Figur 74 (u/ skalering)	3200	+851

Økningen i minnebruk er betydelig og vil begrense mulig bruk av eksempelvis vegetasjon eller kjøretøy i scenen, med mindre man oppgraderer skjermkortet. Samtidig ser man en betydelig forskjell i kvaliteten på fremstillingen. Dette er en viktig faktor, da bedre ortofoto potensielt

kan erstatte bruk av 3D-modellert vegetasjon. Som resultat, vil man kunne redusere renderingstiden kraftig, men samtidig opprettholde en tilfredsstillende gjengivelse av landskapet. Dette er nærmere omtalt i diskusjonsdelen i denne oppgaven.

Materialer for kjøretøymodeller:

Hva angår materialene for kjøretøyene i modellen, var det nødvendig å konvertere alle til standard V-Ray materialer. Dette skyldes en feil som ble oppdaget ved første test-rendering. Feilen skyldes trolig at materialene som standard, er ment for NVIDIA Mental Ray renderingsmotoren. Man har ikke sett mer på dette, da konvertering er en enkel og lite tidkrevende prosess gjennom «Material Converter v.1.24»



Figur 75 - Kjøretøy m/ V-Ray materialer



Figur 76 - Kjøretøy før konvertering av materialer

3.4.7 Vegetasjon

Bruk av 3D-modellert vegetasjon har stor påvirkning både på det visuelle resultatet, minnemengden som kreves av skjermkortet, renderingstiden og tidsbruken for oppsettet. Den største utfordringen har derfor blitt å finne balansen mellom visuelt resultat og tidsbruk. Hvor detaljert man skal fremstille prosjektet er også avhengig prosjektets omfang og hva man ønsker å sette fokus på. I diskusjonsdelen er disse aspektene tatt opp i utvidet omfang.

I figur 77-79 vises det hvordan samme scene er fremstilt uten vegetasjon, kun med trær og med full dekning ned til minste gresstrå. Testen viser forskjellen i visuelt resultat, minnemengde brukt for skjermkortet, samt tidsbruken for oppsett og rendering. For rendering måles det hvor mange «render passes» man klarer å oppnå på 10 min med rendering, med unntak av rendering uten vegetasjon.

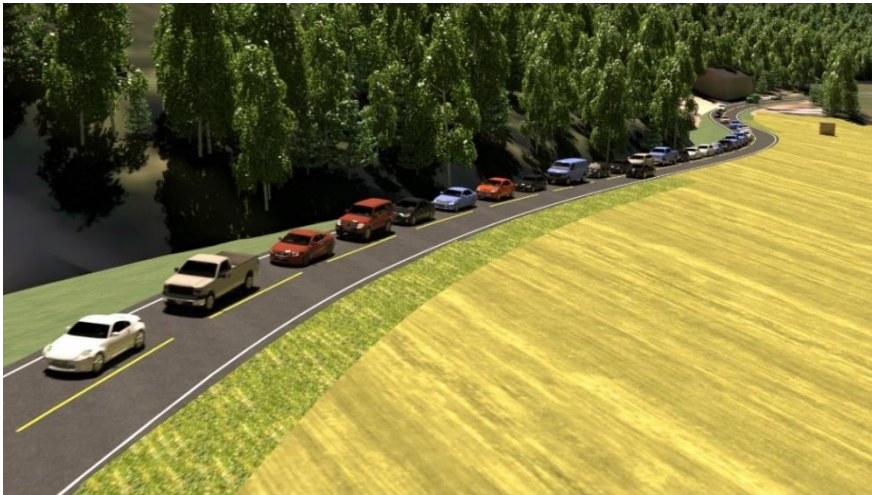
Uten vegetasjon er det brukt 3 min, for å få et antall som står mer i forhold til scenene med vegetasjon. Dette også fordi V-Ray RT viste seg å skyte stor fart ved runding av ca. 1000 passes. Man ente til slutt på over 100.000 passes for 10 min. Scenen har samme oppsett som i resten av oppgaven og er vist med 31 kjøretøy og 137 totalt i modellen. Tidsbruken for oppsett av vegetasjon er anslått, basert på erfaring gjort på dette området. Tid for oppsett av grunnmodell, altså import fra VM og lyssystem settes lik 0.

Tabell 21 - Tester for bruk av vegetasjon. *3 min renderingstid

	Figur 77	Figur 78	Figur 79
Sceneoppsett [min:sek]	0	04:00	10:00
Innlasting rendering [min:sek]	00:45	01:00	01:27
Rendering [passes]	567*	583	55
Minne brukt [MB]	2795	2878	3052



Figur 77 - Rendering uten vegetasjon



Figur 78 - Rendering med trær



Figur 79 - Rendering med full vegetasjon

Resultatene viser en direkte korrelasjon mellom detaljnivå og tidsbruken for rendering. Dette er ikke uventet og skyldes den økte kompleksiteten i scenen (Marcello, 2016). Realismen i scenen må sies å være betydelig endret fra figur 77 – figur 79. Forskjellen for minnebruk er liten, da kameravinklene begrenser antall objekter som faktisk trengs å bli lastet. Det er derfor viktig å legge merke til hvor lite ekstra minne som faktisk kreves, selv ved en kompleks scene med vegetasjon som i figur 79.

Begrensninger ved bruk av V-Ray RT:

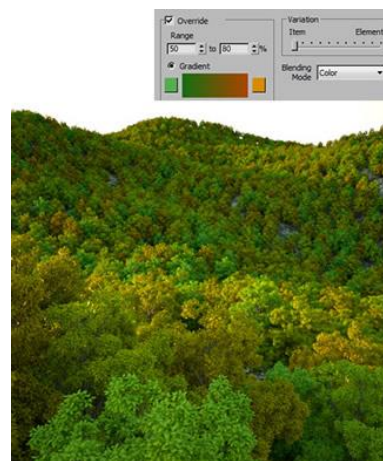
Det visuelle resultatet har man også funnet være avhengig av hvilken renderingsmotor man bruker. I denne oppgaven brukes V-Ray RT, som det i neste del-kapittel «3.4.8 - Rendering og maskinvare») vises til å være den klart raskeste.

V-Ray RT har begrensninger i forhold til «vanlig» V-Ray adv. når det gjelder hvilke funksjoner som er støttet (docs.chaosgroup.com, 2016b). Det samme gjelder Forest Pack Pro, som ikke har støtte for alle funksjoner når V-Ray RT brukes (docs.itoosoft.com, 2016c). For denne oppgaven er det spesielt manglende støtte for «Forest Colour» og «Edge mode», noe som har påvirket det visuelle resultatet i negativ forstand.

«Forest Colour» gjør det mulig å variere fargene på trær og annen variasjon, for en mer naturlig fremtoning (docs.itoosoft.com, 2016a). Dette er altså ikke støttet, og vegetasjonen er derfor fremstilt med originale farger uten variasjon.

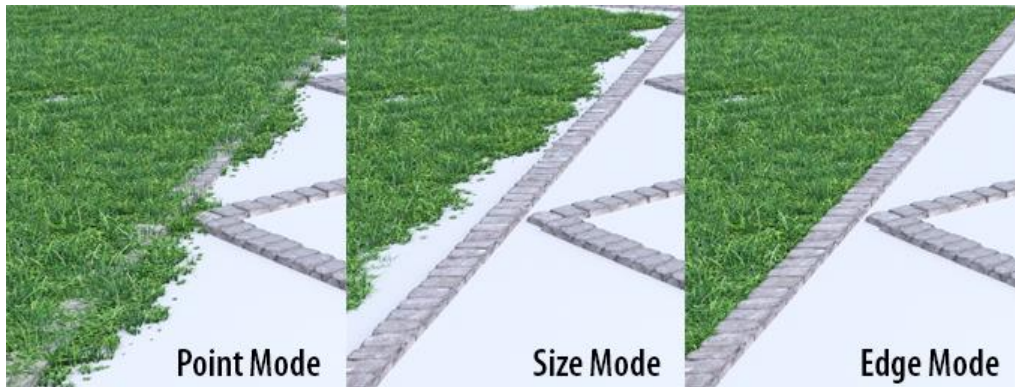


Figur 80 - Uten bruk av "Forest Colour" (docs.itoosoft.com, 2016a).



Figur 81 - Med bruk av "Forest Colour" (docs.itoosoft.com, 2016a).

«Edge mode» gjør det mulig å skape skarpe kanter mellom vegetasjon og andre objekter (itooft.com, 2016). Dette hadde eksempelvis vært meget nyttig for gresset langs vegbanen.



Figur 82 - Vegetasjon mot kanter i Forest Pack Pro (itooft.com, 2016).

Til tross for den negative påvirkningen, spesielt for den manglende støtte «Edge mode» gir, har man valgt å fortsette bruken av V-Ray RT. Dette som følge av at den betydelig raskere enn de andre renderingsmotorene som er blitt testet. Man kan også håpe på at støtte for dette vil komme i senere versjoner av Forest Pack Pro.

Animering av vind:

Det er gjennomført tester for hvordan man kan animere vind i trær og annen vegetasjon. Spesielt i scener hvor kameraet ikke er i bevegelse er det funnet at vegetasjonen fremstår urealistisk og statisk. Når kameraet derimot er i bevegelse, som det vil være i de fleste scener, ses det ingen stor nytte i å animere inn vindeffekter. Selve animeringen er lite krevende da det blir animert opp et grunn-objekt som alle andre følger. Det betyr at om man legger på en vindeffekt på en bjørk, ville alle bjørketrær i scenen følge samme animasjon. En slik animering er også overførbar til neste prosjekt. På YouTube-kanalen fins en video som viser full vind-animering av all vegetasjon i en scene. (se video-vedlegg 2.11)

3.4.8 Rendering og maskinvare

Timene brukt for rendering, utgjør typisk en stor andel av det totale antall timer for et prosjekt. Viktig å merke seg er at dette ikke er faktiske arbeidstimer, men en prosess som kjøres automatisk. Det er allikevel et meget viktig aspekt fordi det er ønskelig å kunne lage animasjoner raskt, basert på eksempelvis endret trafikkdata eller nye trasevalg. Det kan utgjøre en avgjørende faktor for hvilken metode man skal bruke for 3D-visualiseringen av vegprosjekter. Lang renderingstid er også noe Tim i Multiconsult har pek på som en stor utfordring (Zapart, 2016).

Det har ikke vært mulig å teste ytelsesforskjellen mellom ulike maskinvare. Dette skyldes at man ikke har tilgang på alternative maskiner med spesifikasjoner mer tilpasset denne oppgaven. I tillegg har antall programmer og tilknyttede lisenser gjort det for tidkrevende å sette opp alternative testoppsett.

Maskinvaren som er brukt følger av tabell 22.

Tabell 22 - Maskinvare

Komponent:		For salg:
Hovedkort	ASUS P6T Deluxe	Oktober 2008
CPU	Intel Core i7-920 @ 2,67 GHz (firekjernet)	Oktober 2008
Grafikkort	MSI GeForce GTX 970 Gaming 4G Twin Frozr V (4GB minne)	September 2014
Minne	KINGSTON HyperX/ 16GB 1866MHz DDR3	September 2013
Harddisk	Samsung SSD 850 EVO 500GB	Desember 2014

Hovedkort og CPU:

Hovedkort og CPU er fra 2008, men resterende komponenter av interesse, er senere blitt oppgradert. Ytelsen for hovedkortet har ikke den like avgjørende påvirkningen som CPU og GPU, og man har ikke sett noen videre forskjeller mellom de ulike modellene. Hovedkortet kan allikevel ha gitt en viss begrensning i totalytelse for systemet, da ikke alle teknologer for dataoverføring mellom viktige komponenter er støttet.

Lastetid for rendering, samt innledende beregninger av lysforhold i scenen, har vist seg å være typisk CPU tunge operasjoner. CPU er i skrivende stund 8 år gammelt og ville blitt utklassert med god margin av nyere og mer egnede typer. Dette kommer frem av tester gjort av de fleste moderne «High end» CPUer (passmark.com, 2016a). CPUer testes på en rekke områder og gis en poengsum. På denne måten kan de på samme testgrunnlag sammenlignes med andre CPUer. På samme siden har man satt opp en sammenligning mellom 3 aktuelle prosessorer.

For å spisse testen mot rendering er det blitt lagt inn resultater fra tester utført av bruker ved nettsiden evermotion.com (evermotion.org, 2016). Testen er basert på en spesifikk scene laget i 3ds max der kortest mulige renderingstid gir det beste resultatet. Merk at testen utføres med «vanlig» V-Ray adv. og kjøres på CPU. Dette er fortsatt av interesse da det på senere tidspunkt er blitt testet hvordan CPU rendering står i forhold til GPU og fordi det aldri må utelukkes bruk av CPU over GPU.

Merk at det stadig kommer nye V-Ray versjoner, som optimaliseres for blant annet ytelse. Fra versjon 3.2.x til 3.3.x oppgir utviklerne selv en ytelses forbedring på 20-50% for de fleste scener (v-ray.com, 2016). Dette skaper usikkerhet inn mot resultatene, fordi man ikke har oversikt over hvor mye bedre V-Ray har blitt med senere versjoner. Resultatene blir likevel stående, da det ikke er store hopp i versjonsnummeret for V-Ray i denne sammenligningen.

Tallgrunnlaget for testene er å finne i vedlegg 9.3 og 9.6.

Tabell 23 - CPU sammenligning (spesifikasjoner og ytelse)

PassMark - CPU Mark	Intel Core i7-920 (egen)	Intel Core i7-5820K	Intel Xeon E5-2696 v3
Pris	2591 NOK ¹	3879 NOK ²	40 802 NOK ³
CPU-klasse	Desktop	Desktop	Server
CPU-hastighet [GHz]	2,7	3.3	2.2
CPU-turbohastighet [GHz]	2.9	3.6	3.6
Antall kjerner [#]	4	6	18
Først testet	4. kvartal 2008	2. kvartal 2014	2. kvartal 2016
En-kjerne-test [poeng]	1162	2008	2072
Full test [poeng]	4995	12986	24481
Evermotion bruker-test			
Resultat [min:sek]	4:11	02:58	00:22
V-Ray versjon	3.30.05	3.20.02	3.30.04
CPU-hastighet [GHz]	2,67	3,3	2,6
3ds Max versjon	2016	2014	2016

Resultatene viser store ytelsesforskjeller spesielt ved rendering. Forskjellen har naturlig sammenheng mellom spesifikasjoner, året for utgivelse, pris og versjon av V-Ray. En ser likevel forholdsvis liten forskjell mellom CPUen brukt i denne oppgaven og den 6 år nyere i7-5820K. Mye kan tyde på at dette skyldes en eldre V-Ray versjon for sistnevnte. Sammenhengen mellom pris og ytelse mellom i7-5820K og E5-2696 er relativt god. Det er ikke slik at det nødvendigvis alltid vil være slik, men det er verdt å merke seg at det beste tilegnelig av utstyr, faktisk kan forsvare prisen hva angår ytelse. CPU Mark ytelsen, som må sies å være mer generell, taler i klar favør av Intel Core i7-5820K.

Disse kildene til testresultater må sies å være meget nyttig når det kommer til valg av CPU. Valg av rett utstyr er et viktig aspekt for å gjøre 3D-visualisering med trafikkmodeller effektivt og levedyktig.

Skjermkort (GPU):

Selve renderingen gjøres av skjermkortet (GPU). GPUen er av nyere type, «High end» og godt egnet til formålet. Dette kommer frem av tester gjort av de fleste «High end» skjermkortene på markedet (passmark.com, 2016b). I Tabell 24 sammenlignes 4 skjermkort i absolutt toppsjiktet.

¹ Pris ved kjøp i 2008 hos Amentio.no

² Rimeligste pris hos prisguide.no, per 18.05.2016

³ Rimeligste pris for modellen Intel Xeon E5-2699V3, hos prisguide.no per 18.05.2016

Tabellen viser testresultater fra passmark.com., samt en spesifikk test gjort for V-Ray RT hentet fra blog.boxxtech.com (Pizzini, 2014a). Samme scene renderes ut med 3 av skjermkortene, hvor lavest tid er best. Under V-Ray-testen brukes skjermkortets CUDA-kjerner. Uten å gå i for mye detalj på hva dette innebærer, er det ønskelig med så mange CUDA-kjerner som mulig (Pizzini, 2014a). Alle skjermkortene er utviklet av NVIDIA og går under merkenavnet GeForce GTX. Andre merker er ikke testet, da ingen scorer høyere enn NVIDIA GeForce GTX 970, som er brukt i denne oppgaven (passmark.com, 2016b). Alle priser er hentet fra prisguide.no og er gyldig per 18.05.16.

Tallgrunnlaget for testene er å finne i vedlegg 9.4 og 9.6.

Tabell 24 - GPU sammenligning (spesifikasjoner og ytelse)

PassMark - G3D Mark:	970 (eget):	980:	TITAN Black:	980ti:
PassMark rank	6.	4.	7.	1.
Pris	3290 NOK ⁴	5292 NOK	8000 NOK ⁵	6199 NOK
GPU-klasse	Desktop	Desktop	Desktop	Desktop
Kjerne-frekvens [MHz]	1050	1126	889	1076
Minne-frekvens [GHz]	1752,5	1752,5	1750	1753
Minne [MB]	4096	4096	6144	6144
CUDA-kjerner	1664	2048	2880	2816 ⁶
Først testet	4. kvartal 2014	2. kvartal 2014	1. kvartal 2014	2. kvartal 2015
G3D Mark [poeng]	8666	9756	8588	11581
blog.boxxtech.com				
V-Ray RT test [min:sek]	09:26	08:20	07:14	⁷

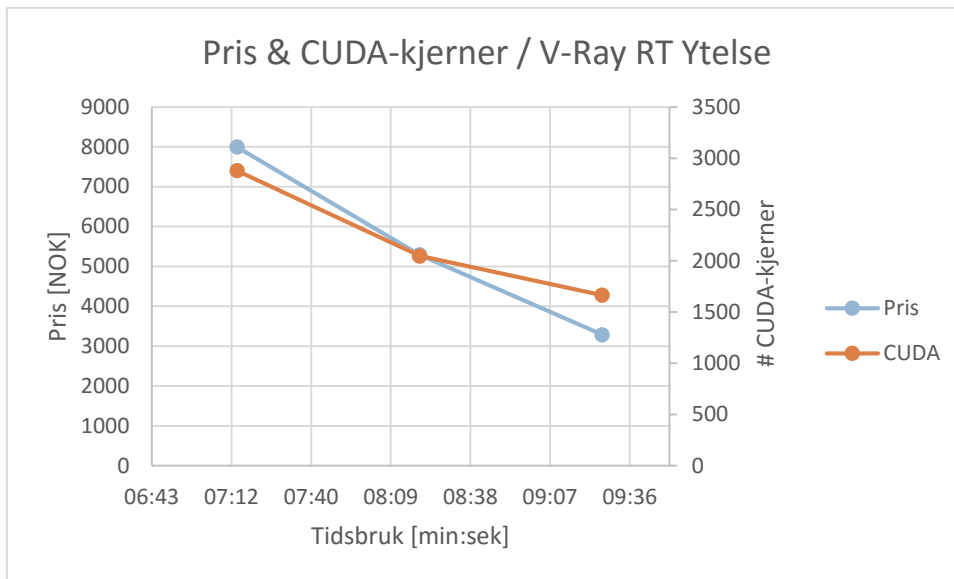
Som det kommer frem av resultatene og som det er fremstilt i figur 83, er det god korrelasjon mellom både pris og V-Ray ytelse og pris og antall CUDA kjerner. Dette gjelder også for hele den generelle ytelsen gjennom G3D poengsummen, med unntak av TITAN Black. Skal rendering gjøres av skjermkortet er det basert på resultatene av antall CUDA kjerner som bør veies tyngst. Som det også fremkommer av denne oppgaven er også tilegnelig minne, et kritisk aspekt og bør tas med i betraktning ved kjøp av utstyr.

⁴ Rimeligste pris for modellen MSI GeForce GTX 970 Gaming 4G Twin Frozr V, hos prisguide.no per 18.05.2016

⁵ Pris hentet kun få mnd. etter lansering, grunnet stor prisøkning i senere tid. Prisøkningen skyldes trolig at produktet er utgående modell

⁶ Hentet fra <http://maxwell.nvidia.com/gtx-980-ti>

⁷ Ikke mulig å oppdrive testresultat for dette skjermkortet.



Figur 83 - V-Ray RT ytelse

Merk også at det i dette oppsettet kun er brukt ett skjermkort, noe som begrenser minnemengden tilgjengelig og gjør maskinen mer eller mindre ubrukelige mens renderingen går. Har man to skjermkort vil man kunne satt det ene utelukkende til rendering, slik at man har mer minne tilgjengelig og fortsatt gis mulighet til å bruke maskinen. Det er også mulig å dedikere begge til rendering, noe som skal gi redusert renderingstid (chaosgroup.com, 2015).

Gjennom oppgaven er det gjort erfaring med at det kan være vanskelig å holde oversikt over hva som krever mye minne ved rendering. Man håper de viktigste aspektene er pekt på gjennom resultatdelen. Ved usikkerhet vises minnebruken i V-Ray RT loggen. Det kan også være meget hensiktsmessig å anskaffe et program for overvåking av minnemengden som eksempelvis MSI - Afterburner (gaming.msi.com, 2016).

For scener med mye vegetasjon og et kamera som dekker store områder, er det gjort erfaring med at skjermkortet i bruk faktisk har for lite minne. Det resulterer i en feilmelding fra V-Ray og full stopp, før rendering i det hele tatt starter. For større vegprosjekter er det derfor å anbefale å ha minst 6 GB dedikert grafikkminne.

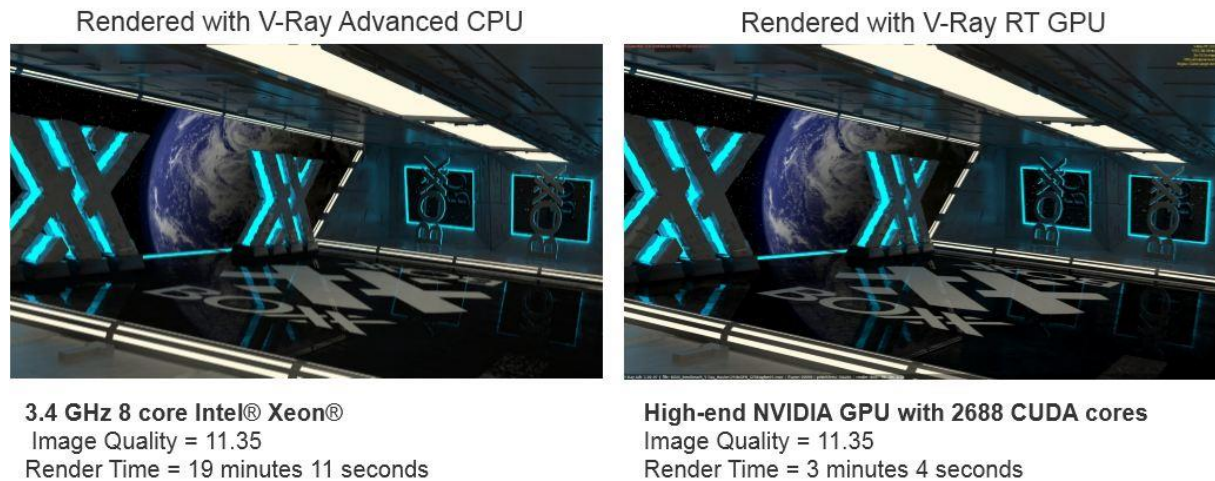
CPU vs. GPU:

Gjennom bruk av V-Ray adv. (CPU) og V-Ray RT (GPU) ble det raskt oppdaget at V-Ray RT ga et stort fortrinn når det kom til renderingstid. Dette bekreftes gjennom tester gjort blant annet av Chaos Group, utvikleren av V-Ray. De har foretatt en sammenligning mellom Intel Core i7 – 920, CPUen brukt i denne oppgaven, og skjermkortet NVIDIA GTX 480 (help.chaosgroup.com, 2011). Testene viser at rendering gjort med GPU overgår CPU med en ytelsesratio fra 9.82:1, helt opp til 23.41:1 for ulike scener. Skjermkortet har 1536 MB minne og 480 CUDA kjerner (geforce.com, 2016).

Samme tendens finner man også for mer moderne utstyr. En test er gjort mellom en 8-kjerners Intel Xeon CPU og et «High end» NVIDIA skjermkort med 2688 CUDA kjerner. Det viser klar «seier» til skjermkortet. Ved samme oppnådde bildekvalitet var skjermkortet ferdig på 85 % raskere tid enn CPUen (Pizzini, 2014b).

Det er sparsomt med spesifikasjoner på skjermkort og CPU, men en «midt på treet» 8-kjernes Intel Xeon koster om lag 12.500 NOK⁸ i dag. Som det fremkommer av tabell 24, koster et skjermkort med rundt det samme antall CUDA kjerner som det brukt i testen ca. 6000 NOK.

Basert på egne erfaringer, opplysninger fra Chaos Group, samt disse to testene, tyder alt på at rendering ved hjelp av skjermkort overgår CPU med en flerdobling av ytelsen.



Figur 84 - V-Ray adv. CPU vs. GPU

Minne:

Det er ikke gjort spesifikke tester for minne. Men viktig å merke seg er at dess større og mer kompleks modellen er, jo mer minne kreves. For oppsettet brukt i denne oppgaven har man klart seg med 16 GB minne uten å møte på noen fordringer med det. Man ser likevel ofte en tendens til at maksimumet nås for minne når man gjør rendering med CPU. Basert på egne erfaringer anbefales 32 GB minne for 3D-visualiserer av vegprosjekter, sammen med oppsettet brukt i denne oppgaven.

Harddisk:

Man har spesielt ved lagring og åpning av filer merket seg tregheter i systemet. Disse er blitt sporet tilbake til dårlige skrive- og lesehastigheter for harddisken. Dette til tross for at det brukes SSD, som typisk leverer lang høyere hastigheter enn en normal HDD (storagereview.com, 2016). Problemet skyldes at hovedkortet ikke støtter de nyeste standarder for overføring. Det må heller ikke glemmes at modellen er såpass stor at det kanskje må forventes noe forsinkelse ved enkelte operasjoner. Det er uansett sannsynlig at modellen satt opp i denne oppgaven bør være enkel å håndtere. Det selv med mange kjøretøy og vegetasjon, for en mer moderne maskin.




Mental Ray, V-Ray adv. og V-Ray RT:

For å sikre at den innbygde renderingsmotoren som fins i 3ds Max, NVIDIA – Mental Ray faktisk ikke er raskere enn V-Ray RT, er det blitt gjennomført noen enkle tester. Merk at også NVIDIA iRay er en del av 3ds Max, men denne er ikke støttet av Forst Pack Pro (docs.itoosoft.com, 2016e).

⁸ Basert på 15 produkter fra prisguide.no

For testen er det blitt satt opp en enkel scene med Forest Pack Pro. Den inneholder to typer trær og tett gress med blomster på bakken. Man måler hvor lang tid det tar å renderer ut ett bilde til om lag samme visuelle kvalitet. For V-Ray ble det beregnet hvor lang tid det tok å nå 100 «passes», som man mener gir en kvalitet som kan sammenlignes med Mental Ray. Erfaringen gjort gjennom oppgaven viser at ca. 100 «passes», er det som gir et godt nok resultat for endelig animasjon. Grunnen til at dette ikke måles på samme måte skyldes at det ikke virker som Mental Ray renderer ut bilder på samme måte som V-Ray. Man kunne brukt måleverktøy for å sammenligne kvalitet, men siden det fremkom tydelige tendenser med tanke på hvilken motor som er raskest, ble det ikke gått videre med disse verktøyene.

Tabell 25 - Renderingstid: Mental Ray, V-Ray, V-Ray RT

Renderingstid [min:sek]:		
Mental Ray: 21:15	V-Ray: 09:30	V-Ray RT 00:45
		

For et testoppsett som dette, er det tidsmessige utslaget meget stort. V-Ray RT er 12,5 ganger raskere enn V-Ray adv. og hele 28,3 ganger raskere enn Mental Ray. Siden det også er blitt gjort erfaringer med at Forest Pack Pro også gir et stort utslag på renderingstid, føler man scenen kan sammenlignes med et utdrag fra modellen brukt i denne oppgaven.

Som det fremgår er det ikke bare tidsbruken som er forskjellig. Det visuelle resultatet er heller ikke likt for de forskjellige renderingene. Dette fremkommer gjennom forskjeller i lys og fargefremtoning. Årsaken skyldes at man ikke har optimalisert scenen for visuell fremtoning, men heller holdt den lik, slik at grunnlaget ikke skulle gi utslag i resultatene. At den visuelle kvaliteten er erklært tilnærmet lik, er derfor ikke basert på disse renderingene, men erfaringen gjort på hvor mange «passes» som gir et godt resultat.

3.4.9 Animasjon

Oppsettet for animasjoner har vist seg å være lite tidkrevende og det er kun brukt funksjoner i 3ds Max. Det har vært naturlig å sette opp animerte kameraer til å fremheve en situasjon, som kø-problematikk i et kryss, eller for å gi et mer helhetlig inntrykk av vegprosjektet.

Det er blitt benyttet 25 bilder per sekund, noe som oppleves som et minimum for å oppnå god flyt i animasjonen. Noe hacking vil oppleves ved denne frekvensen, spesielt ved raske bevegelser. Men som følge av lang renderingstid per bilde, har man ikke produsert ut video med høyere bildefrekvens.

En utfordring ved endelig animasjon er feil og mangler som er vanskelig å oppdage av modellgrunnlaget i 3ds Max. Dette har gjort det naturlig å komme med en anbefaling om å render ut hvert 25. bilde i lav kvalitet som en kontroll. Metoden har vist seg meget god for forholdsvis rask oversikt over evt. feil og mangler.

Hovedutfordringen for produksjon av animasjoner er, som det er pekt på ved flere anledninger i denne oppgaven, renderingstiden. Gjennom bruk av V-Ray RT har man fått tiden ned på at nivå som forhåpentligvis skaper et marked for bruk av 3D-visualisering av typen vist i denne oppgaven. I diskusjonsdelen drøftes hvilket detaljnivå det kan være lurt å legge seg på for å oppnå en god balanse mellom visuell kvalitet og renderingstid. Under følger 3 enkle oppsett for tidsbruken ved animering. Detaljnivåene som benyttes er; ingen vegetasjon (1), kun trær (2) og full vegetasjon (3). Disse er fremstilt i figur 77-79 i del-kapitel «3.4.7 - Vegetasjon». Renderingstiden for disse er basert på erfaring gjort gjennom denne oppgaven og inkluderer innlasting. Tiden er derfor faktisk tidsbruk per renderte bilde.

Tabell 26 - Renderingstid full animasjon

Oppsett/test:	
Renderingsmotor	V-Ray RT (CUDA)
Animasjonstid [s]	60
Bilder per sekund [bilde/sek]	25
Kjøretøy i scenen [#]	37
Kjøretøy i modellen 127	137
Renderingstid, ingen vegetasjon [sek/bilde]	120
Renderingstid, kun trær [sek/bilde]	180
Renderingstid, full vegetasjon [sek/bilde]	600

Formel 4 - renderingstid, animasjon

$$\text{renderingstid animasjon[timer]} = \frac{\text{renderingstid} \left[\frac{\text{sek}}{\text{bilde}} \right] \cdot \text{antall} \left[\frac{\text{bilder}}{\text{sek}} \right] \cdot \text{lengde animasjon [sek]}}{3600 \frac{\text{sek}}{\text{time}}} = x [\text{timer}]$$

$$(1) \text{ Ingen vegetasjon} = \frac{120 \left[\frac{\text{sek}}{\text{bilde}} \right] \cdot 25 \left[\frac{\text{bilder}}{\text{sek}} \right] \cdot 60 [\text{sek}]}{3600 \frac{\text{sek}}{\text{time}}} = 50 \text{ timer (2 døgn og 2 timer)}$$

$$(2) \text{ Kun trær} = \frac{180 \left[\frac{\text{sek}}{\text{bilde}} \right] \cdot 25 \left[\frac{\text{bilder}}{\text{sek}} \right] \cdot 60 [\text{sek}]}{3600 \frac{\text{sek}}{\text{time}}} = 75 \text{ timer (3 døgn og 3 timer)}$$

$$(3) \text{ Full vegetasjon} = \frac{600 \left[\frac{\text{sek}}{\text{bilde}} \right] \cdot 25 \left[\frac{\text{bilder}}{\text{sek}} \right] \cdot 60 [\text{sek}]}{3600 \frac{\text{sek}}{\text{time}}} = 250 \text{ timer (10 døgn og 10 timer)}$$

Renderingstidene over viser hvorfor de utgjør en stor andel av timene for et prosjekt og det endelige oppsettet. Det viser også hvorfor det er særdeles viktig å være sikker på at modellen og kjøretøyene er riktig animert opp i modellen, før endelig rendering starter. Tidsbruken for rendering er nærmere drøftet i diskusjonsdelen.

Etter-redigering:

Det har ikke vært tid til å teste etter-redigering av animasjonen. Dette fordi man ikke har klart å oppdrive studentversjoner for aktuell programvare. Multiconsult har sagt det er mulig å låne dette hos dem, men å sette seg inn i programvare og fysiske måtte oppsøke deres lokaler, ville krevd for mye tid.

4. Diskusjon

I dette kapittelet drøftes forholdene som direkte er relatert til problemstillingen og forskningsspørsmålene i oppgaven. Etter drøftingen prøver man så korrekt som mulig å svare på disse spørsmålene basert på erfaring og de resultater man har kommet frem til. Svarene er formulert ut i kapittel «5 - Konklusjon»

Først ses det på datagrunnlaget i del-kapittel «4.1 - Datagrunnlag» og hvordan dette må være satt opp for kunne svare på forskningsspørsmålet: «**Hvilket grunnlag må modellen bygges på?**»

Kanskje det største fokuset i oppgaven har vært rettet mot presisjonen for trafikksimuleringsnettverket i AIMSUN og hvor automatisk og effektivt dette kan bygges. En prøver derfor i del-kapittelet «4.2 – Trafikksimuleringsnettverk (AIMSUN, QGIS, AutoCAD MAP 3D)», å svare på «**Hvordan kan man oppnå høy presisjon mellom prosjekteringsgrunnlag og trafikksimuleringsnettverk på en redusert manuell måte?**»

I del-kapittel «4.3 - 3ds Max og annen programvare» drøftes alle programmer og tillegg brukt i denne oppgaven, for å svare på spørsmålet «**Hvilken programvare og hvilke tillegg bør benyttes?**»

Optimal maskinvare er avgjørende for å kunne oppnå et effektivt oppsett og lave renderingstider. I del-kapittel «4.4 - Maskinvare og ytelse», er det basert på erfaringer og tester gjort i denne oppgaven, satt opp system man mener er meget godt egnet. Dette for å kunne svare på forskningsspørsmålet: «**Hvilken maskinvare kreves?**»

I del-kapittel «4.3.10 - iToo Software - Forest Pack Pro (5.0.5) (tillegg)» drøftes det hvordan Forest Pack Pro kan gi økt realisme i scenen gjennom bruk av vegetasjon og hvordan dette påvirker det endelig visuelle resultatet, så vel som effektiviteten i oppsettet. Forskningsspørsmålet «**Hvordan skape mer virkelighetsnære presentasjoner av vegprosjekter?**», forsøkes besvares her.

4.1 Datagrunnlag

Metodikken utviklet for denne oppgaven bygger på et prosjekteringsgrunnlag fra Novapoint. Videre var det satt opp en Virtual Map modell, hvor objekter fra denne ble eksportert en etter en til 3ds Max. For at den utviklede metoden ikke kun skal gjelde for et spesifikt prosjekt er man avhengig av et standardisert oppsett. Thomas Jenssen fra Multiconsult bekrefter at oppsettet for dette prosjektet presenteres i en form tilnærmet lik alle andre prosjekter gjort i Novapoint (Jenssen, 2016). Dvs. at så lenge det ikke bli gjort større endringer i måten man prosjekterer veg med Novapoint, vil metoden fungere for alle prosjekter gjort med denne programvaren.

Man har i begrenset omfang sett på hvordan en Virtual Map modell er bygget opp og hvordan endringer gjøres. Arbeidsflyten virker oversiktlig og lite tidkrevende, spesielt hvis det legges til rette for gode rutiner og en bevissthet om at en Virtual Map modell skal settes opp allerede ved prosjektering. Dette bekreftes av Multiconsult og Vianova (Jenssen, 2016, Vennestrøm, 2016).

På bakgrunn av tilbakemeldingene og erfaringen som er gjort gjennom oppgaven, vil derfor et modellgrunnlag fra Novapoint og Virtual Map var godt egnet for metodikken utviklet i denne oppgaven. Men for å svare på forskningsspørsmålet, «**Hvilket grunnlag må modellen bygges på?**», må man å tenke enda mer generelt.

Slik det anses naturlig å se det kan grunnlaget stamme fra et hvilket som helst prosjekteringsverktøy så lenge et enkelt krav er møtt. Det må være mulig å eksportere de ulike delene av modellen som objekter, på et filformat støttet av 3ds Max. Dette innebærer eksempelvis at objekter som vegbane, sideområder og terrengmodell må kunne skilles ut og eksporteres separat. 3ds Max støttet de typiske filmformatene som .obj og .fxb og man ser ikke for seg mulige mangler for eksport på disse formatene for noe moderne prosjekteringsverktøy.

For å opprettholde et så effektivt oppsett som mulig fra begynnelse til slutt, bør den prosjekterte vegstrekningen ha blitt satt opp så raskt som mulig. Novapoint og Virtual Map har blitt erfart å være effektive verktøy, så lenge man er bevisst lag- og gruppeinndeling i prosjekteringsfasen. Dette bekreftes av Vemund Erling Vennestrøm, hos Vianova (Vennestrøm, 2016). Det anbefales likevel å se mer på prosjektering med annen programvare som Civil 3D og InfraWorks, da disse programmene viser seg å kunne vært meget godt egnet (Eskerud et al., 2015).

Til tross for at effektiviteten ved selve prosjekteringen er et viktig aspekt, er det, som beskrevet i avgrensingen, ikke et tema for denne oppgaven. Dette fordi det ville blitt for tidkrevende å inkludere prosjektering av vegger. I svaret på forskningsspørsmålet, tas derfor ikke effektiviteten ved selve prosjekteringen, med i betraktning.

Så, «**Hvilket grunnlag må modellen bygges på?**». Enten et prosjekteringsgrunnlag fra Novapoint og Virtual Map, eller et hvilket som helst verktøy som er i stand til å eksportere et vegprosjekt objekt for objekt, på kjente filformat støttet av 3ds Max.

4.2 Trafikksimuleringsnettverk (AIMSUN, QGIS, AutoCAD MAP 3D)

For oppsettet i AIMSUN var fokuset alltid å effektivisere arbeidet med opptegning av simuleringsnettverk. Dette både fordi det er pekt på som en utfordring av aktuelle norske aktører og fordi man selv har erfart at det er et vanskelig og tidkrevende arbeid. Å oppnå det nødvendige presisjonsnivået viste seg faktisk tilnærmet umulig ved manuell opptegning.

Slik man så det var det helt nødvendig å utvikle en metode som automatiserte store deler av prosessen. Dette for i det hele tatt å kunne rettferdiggjøre tidsbruken. I alle fall gjaldt dette rene vegstrekninger fordi disse utgjør den helt klart største andelen av det totale nettverket. Med rene vegstrekninger menes de uten kryss, rundkjøringer eller andre elementer som splitter trafikk.

For 4-felt eller mer, skal metoden fungere mer eller mindre som ønsket og gjøre prosessen tilnærmet automatisk. Man har oppnådd et presisjonsnivå som gjør modellgrunnlaget fra Novapoint så å si identisk med trafikksimuleringsnettverket i AIMSUN.

For 2-felts vegger krever metoden fortsatt noen manuelle tilpasninger. Dette tror man kunne vært løst ved å importere senterlinjer til QGIS, GIS-verktøyet som er blitt brukt for oppsett av trafikksimuleringsnettverket for AIMSUN. Senterlinjer ble ikke levert med grunnlagsfilene for prosjektet og Multiconsult hadde ikke anledning til å hente ut disse. Dette er fortsatt fullstendig mulig og man mener helt klart dette bør prioriteres for fremtidige prosjekter.

Hva angår andre elementer, som kryss og rundkjøringer, tegnes disse fortsatt opp manuelt i AIMSUN og ikke ved hjelp av GIS-verktøy. Dette fordi det trolig kreves ytterligere informasjon enn kun linjeføringen, for at AIMSUN skal kun tolke disse delene av vegnettverket ved import. Det er ikke blitt ettergått nærmere, mye fordi man kan spørre seg om det i det hele tatt ville vært mer effektivt å benytte GIS-verktøy for opptegning av annet enn rene vegstrekningslinjer.

«Hvordan kan man oppnå høy presisjon mellom prosjekteringsgrunnlag og trafikksimuleringsnettverk på en redusert manuell måte?». Slik erfaringen gjennom oppgaven er blitt gjort og slik man selv har satt opp metoden, bør man ha senterlinjer på .dwg format for alle vegstrekningslinjer i modellen. AutoCAD Map 3D brukes for konvertering fra .dwg til .shp. Både ArcMap og QGIS innehar funksjonalitet for å bearbeide .shp filene til et oppsett mulig å importere i AIMSUN som trafikksimuleringsnettverk. Resultatet er et effektivt oppsett, med et presisjonsnivå godt nok for endelig 3D-visualisering.

4.3 3ds Max og annen programvare

Et av hovedmålene med metoden presentert i denne oppgaven, er at den skal være gjennomførbart for alle som er kjent med programvaren som brukes. Det har ikke vært realistisk å se for seg at man steg for steg kan utføre metoden uten kjennskap til disse, da en så detaljert beskrivelse ville kreve alt for mye arbeid. Det er ønskelig med lav bruker-terskel, men dette er ikke alltid enkelt å få til når oppsettet til tider er relativt komplekst.

På bakgrunn av dette har man forsøkt å kun benytte programmer som virkelig har betydning for gjennomførbarheten og det endelige resultatet. Under drøftes kort de ulike programmene og tilleggene brukt i denne oppgaven for å tilnærme seg svar på **«Hvilke fordeler kan ulike programvare og tillegg gi?»**

4.3.1 Vianova Systems – NovapointDCM (19.35)

Metoden satt opp i denne oppgaven inkluderer ikke prosjektering av veier. Evaluering av Novapoint, utover at det har vist seg å danne et godt grunnlag for videre arbeide, gis derfor ikke.

4.3.2 Vianova Systems - Novapoint Virtual Map (VM) (7.1.1)

Virtual Map må sies å ha middels brukerterskel både for modellbyggeren, oversikt og eksport. Hvor mye tid som brukes er avhengig av forarbeidet gjort ved prosjektering og rutine som følges for oppsett av modell. Virtual Map har vist seg meget nyttig som grunnlag for videre arbeid i 3ds Max. Dette fordi man har en ferdig oppsatt 3D-modell med teksturer, som synliggjør hovedtrekkene ved den endelige visualiseringen. Verktøyene som følger med programmet har også vist seg enkle og nyttige som eksempelvis verktøy for objektinformasjon. Alle delene av modellen kan innordnes grupper og eksporteres hver for seg, som kreves for et oversiktlig videre oppsett.

Den eneste usikkerheten man har knyttet til bruk av Virtual Map gjennom denne oppgaven, er programmets evne til å eksportere jevne overflater. Når kjøretøy skal tilpasses overflategeometrien i 3ds Max fremstår resultatet som om overflaten ikke er jevn. Man har studert overflategeometrien, uten å kunne peke på hvor problemet ligger. Om dette stammer helt fra prosjektering, eller om feilen oppstår gjennom Virtual Map sin modellbygger, råder det derimot usikkerhet rundt. Problemet kan også ligge i Civil View sin funksjonalitet for tilpasningen av kjøretøy til underlaget. Det får en uansett til å stille spørsmålsteget ved om

grunnlaget prosjektert i Novapoint og Virtual Map, er optimalt for kjøretøystilpasning. Årsaken til at dette ikke er blitt sett nærmere på, er at resultatet i endelig animasjon er god nok, så lenge kjøretøyene ikke skal følges spesielt «tett på»

Under ett viser Virtual Map seg å være et meget nyttig verktøy, både for oversikt og for videre arbeid i 3ds Max.

4.3.3 Autodesk - AutoCAD 2016

Arbeid i AutoCAD skjer i hovedsak gjennom prosjekteringen og er derfor ikke en del av denne oppgaven. De få endringene som ikke gjøres i 3ds Max, har blitt gjort i Civil 3D.

4.3.4 Autodesk - AutoCAD Civil 3D

Prosjekteringsgrunnlaget er fra tidligfase-planlegging og på bakgrunn av dette har man måttet korrigere en del feil i overlategeometrien. Civil 3D har vist seg meget godt til formålet, både med mulighet til å vise isolerte elementer av overflaten og med gode verktøy for opptegning av nye

Minuset er at man bruker en meget begrenset del av Civil 3D, og siden dette er kostbar programvare, er det relevant å spørre seg om man burde utelukket bruken helt. Programmet blir allikevel stående som en del av metoden, da det er såpass anerkjent og brukt av blant annet Multiconsult (Jenssen, 2016). Lisenser bør være tilgjengelig hos de fleste større aktører for vegprosjektering i Norge.

4.3.5 TSS - AIMSUN (8.1.2)

Programmets funksjonalitet, med eksport av kjøretøyenes lokasjon gjennom en simulering, er absolutt nødvendig for at en 3D-visualisering med trafikkmodeller skal være mulig. Når det er sagt, er ikke AIMSUN det eneste programmet som innehar denne mulighet. Eksempelvis støtter VISSIM samme eksportform og det er ingen grunn til å tro at denne programvaren ikke vil fungere like godt til formålet.

Dette anses være en stor styrke, da det ikke kan være sikkert hvilket program som er tilgjengelig. Det kommer eksempelvis frem gjennom mailutveksling i denne oppgaven, at Rambøll benytter denne prosessen (Vatne, 2015).

Hva brukerterskel angår, har man erfart den lav, i alle fall hva angår delen direkte knyttet til eksporten til 3ds Max. Dette forutsetter like fullt at trafikk tall og trafikksimuleringsnettverk er på plass. Oppsett og kalibrering av trafikkmodeller er som kjent ikke en del av denne oppgaven og brukerterskelen for dette er derfor ikke vurdert.

Det er blitt kjørt en del tester på valg av simuleringsteg. Basert på de visuelle resultatene har man kommet frem til at 0,8 sekunder bør brukes for fremtidige prosjekter. Viktig å merke seg er at et lavere simuleringsteg gir «hakk» opptreden for kjøretøyene, noe som skyldes at underlaget ikke fremstår som jevnt. Hva dette skyldes, er man som kjent usikker på, men et lavere simuleringsteg kan være aktuelt for jevnere overflater for økt presisjon.

Det viktigste aspektet, opptegning av trafikksimuleringsnettverk, er drøftet i del-kapitel «4.2 - Trafikksimuleringsnettverk (AIMSUN, QGIS, AutoCAD MAP 3D)».

4.3.6 QGIS Desktop 2.14

QGIS benyttes til å sette opp .shp linjer for det prosjekterte vegnettverket. Disse importeres som trafikksimuleringsnettverk i AIMSUN og gjør det mulig å oppnå den ønskede presisjonen mellom de to. Som følge av at QGIS både innehar nødvendig funksjonalitet og er gratis tilgjengelig, ble denne programvaren valgt.

Brukererskelen har man erfart som forventet ved bruk av GIS-verktøy, og man fant det ikke mye forskjellig fra eksempelvis ESRI – ArcMap, når det kom til nødvendigheten av verktøyene.

Til tross for stor nytte av programvaren for oppnåelse av en presis opptegning av trafikksimuleringsnettverket har man stilt spørsmålsteget ved om GIS-verktøy i det hele tatt er nødvendig. Det er mulig det fins en mer direkte måte å hente ut nødvendige linjer fra prosjektert vegstrekning på .shp format. Dette ville trolig også økt effektiviteten. Nødvendigheten av GIS-verktøy kan derfor diskuteres, men så lenge man ikke har funnet en bedre måte å gjøre dette på, har GIS-verktøy som QGIS, vist seg helt nødvendig for å oppnå nødvendig presisjon.

4.3.7 Autodesk - AutoCAD MAP 3D 2016

AutoCAD MAP 3D brukes kun for å konvertere prosjekteringsgrunnlaget fra .dwg til .shp for videre behandling i QGIS. Det er ikke lykket i å finne en annen, rimeligere programvare som innehar denne funksjonaliteten. AutoCAD MAP 3D, er en del av Autodesk serien og er gratis tilgjengelig for studenter. Dette er naturlig nok ikke tilfelle ved kommersielt bruk og det er derfor lite ønskelig å benytte denne programvaren.

Om det hadde vist seg mulig å få ut .shp linjer mer direkte, hadde det kanskje vært mulig å slippe bruken av både QGIS og AutoCAD MAP 3D. For metodikken i denne oppgaven har man likevel ikke funnet noe alternativ til programvaren, og det fremstår derfor som helt avgjørende.

Brukererskelen er ellers lav for den spesifikke delen av programvaren som brukes.

4.3.8 Autodesk – 3ds Max (2016)

3ds Max er i all hovedsak valgt på grunnlag av funksjonalitet for import og oppsett av kjøretøy gjennom Civil View. Programvaren støtter videre det meste man kan tenke seg av visualiseringseffekter, slik at det i minst mulig grad oppstår begrensninger inn mot hva man ønsker å oppnå.

Brukererskelen må likevel sies å være høy. Erfaringsmessig skyldes dette at man bruker så vidt mange ulike verktøy og teknikker, før den endelige animasjonen er klar for rendering. 3ds Max fremstår derfor som det programmet i oppgaven som krever mest forkunnskap. Programmet er slik man ser det, uansett helt essensielt for å kunne fremstille 3D-visualisering av vegprosjekter med trafikkmodeller. Og den høye brukererskelen må det sies å kunne være forventet når det dreier seg om visualisering av vegprosjekter. Man har ikke kunne tenke seg en annen innfallsvinkel for å løse oppgaven, og 3ds Max ses på som en absolutt nødvendighet og medfølgende høy nytteverdi.

Er kjennskapet til basisfunksjonen i 3ds Max og Civil View tilstede skal det uansett være fullstendig mulig å benytte metodikken utviklet i denne oppgaven. Det er heller ikke slik at det er nødvendig å måtte følge metoden til punkt og prikke. Har man andre teknikker for eksempel til lyssystem, rendering og vegetasjon står man fritt til å benytte seg av dette. Håpet er at både

3ds Max og metodikken for oppgaven fremstår som tilpasningsdyktig, slik at det er mulig å benytte metoden med ulik forkunnskap.

3ds Max har vist seg å gi en meget effektiv arbeidsflyt helt fra import fra Virtual Map, til endelig animasjon er fremstilt.

4.3.9 Autodesk – Civil View (tillegg)

Civil View gjør det mulig å gjennomføre noen av de mest essensielle delene av oppgaven, gjennom støtte for blant annet import av simuleringsdata og kjøretøystilpasning til underlaget. Civil View gjør det også mulig å sette opp repeterbare elementer som lyktestolper og autovern. Dette på en måte som i liten grad påvirker renderingstiden eller generell håndtering av modellen. En ser derfor på Civil View som et verktøy som både er meget nyttig, samtidig som det effektiviserer flere sider av den totale prosessen.

Brukererskelen oppleves som et sted «midt på treet» i denne sammenheng og en viss forkunnskap tilknyttet Civil View er derfor å anbefale.

Minuset ved bruken, er de til tider store treghetene for enkelte av prosessene. Tregheten er direkte knyttet til aspekter som antall kjøretøy og simuleringssteglengde. Dette oppfattes som naturlige sammenhenger, men man har ingen kunnskap i hvor godt koden egentlig er optimalisert. Civil View er likevel det eneste tillegget, eller programmet, som støtter funksjonene nødvendig for metodikken. Det dveles derfor ikke ved programmets evne til eksempelvis å håndtere store datamengder.

Dette gjelder også Civil View sin evne til å tilpasse kjøretøy til underlaget. Som nevnt er ikke denne optimal, i alle fall ikke når det gjelder vegprosjekter eksportert ut via Virtual Map. Man vet ellers ikke hva dette skyldes, og Civil View er igjen eneste program man har funnet inneha de nødvendige funksjonene.

Sett under ett, overgår de positive sidene av tillegget de negative, og Civil View er, som 3ds Max, en absolutt nødvendighet og et særdeles nyttig verktøy.

4.3.10 iToo Software - Forest Pack Pro (5.0.5) (tillegg)

Forest Pack Pro brukes for å øke realismen i den endelige animasjonen. Det er ønskelig å skape mer troverdige omgivelser, som man da håper skal gi økt innsikt i vegprosjektets omfang. Hvis man kan danne seg et tydeligere bilde av hvordan en ny veg vil skjære gjennom landskapet, eller hvordan lokalmiljøet blir påvirket, håper man prosjektet i planfasen skal oppleves nærmere det faktiske resultatet. På den måten tror man at det endelige valget av trasé og utforming vil oppnå mer tyngde og troverdighet.

Man har erfart at Forest Pack Pro er bygget opp på en måte som gjør det mulig å øke realismen i en scene med begrenset forkunnskap. Samtidig er det mulig å lage komplekse og svært realistiske scener om man er mer øvet i bruken av programvaren.

I denne oppgaven skiller man mellom å ikke bruke Forest Pack Pro, bruk av kun trær, og til slutt detaljert vegetasjon på alle overflater nært knyttet til vegen. Dette gjelder skjæringer og fyllinger, men også alle områder som er bearbeidet under prosjekteringen og ikke lenger dekkes av ortofoto.

Hovedutfordringen ligger i å finne en balanse mellom tidsbruken for oppsett og rendering, og hvilken nytte den økte realismen gir. Selve oppsettet har man erfart forløper overaskende raskt.

Spesielt hvis gruppeinndelingen fra Virtual Map er passende, eksempelvis ved at alle fyllinger fremstår som et objekt og således kan kles med gress, eller passende vegetasjon. Den største konsekvensen ved bruk av høyt detaljert vegetasjon, er den kraftige økningen i renderingstid og medførende lavere effektivitet for den totale prosessen det er å visualisere et vegprosjekt med denne metodikken.

Slik erfaringen er blitt gjort gjennom oppsett på ulike detaljnivå, er det viktigste hva man ønsker å fokusere på og omfanget av prosjektet. Hvis man eksempelvis ønsker å vise en tryggere overgang for gående og syklende og virkelig forsøke å la folk føle hvordan det endelige resultatet blir, tror man det kan forsvares med en detaljert fremstilling med lengere renderingstider. Det er også da typisk at man kanskje ikke trenger mer enn 30 sekunder animasjon for å få frem budskapet. På den måten begrenser man i alle fall noe av den tiden det tar for renderinger.

En veldig typisk visning av et vegprosjekt er en «Fly-over», altså en animasjon som visere hele prosjektets utstrekning fra et helikopters synsfelt. Til slike presentasjoner tror man bruk av høyoppløselig ortofoto kombinert med trær, gir en optimal balanse mellom ytelse og visuelt resultat. Man har gjennom tester i denne oppgaven kommet frem til at det er vesentlig forskjell i renderingstid på kun trær og bruken av full, detaljert vegetasjon over store områder. Trær krever heller ikke på langt nær like mye minne, og kan brukes i lang større skala enn annen vegetasjon, som eksempelvis gress. Det kan være lurt å kjøpe inn flere tre-modeller enn det som følger med Forest Pack Pro som standard, for å øke realismen og troverdigheten.

Hvis man ikke ønsker å legge fokus på noen annet en trafikkavvikling, vil trolig modellgrunnlaget fra Virtual Map og trafikksimuleringen fra AIMSUN være tilstrekkelig, uten bruk av Forest Pack Pro.

4.3.11 Chaos Group - V-Ray adv. for 3ds Max (3.30.05) (rendering)

V-Ray adv. er den CPU baserte og «vanlige» V-Ray renderingen, som ikke er brukt i denne oppgaven. Dette skyldes den lange renderingstiden sammenlignet med V-Ray RT.

V-Ray Adv. har allikevel sine helt klare fordeler, gjennom å være sikret at alle teknologier og teknikker er støttet av denne renderingsmotoren. Spesielt muligheten for skarpe overganger mellom vegetasjon og asfalt har vært en savnet mulighet ved bruk av V-Ray RT. Å kunne skape variasjon i vegetasjonen gjennom alternative farger på enkel måte, er også ønskelig for å øke realismen i scenen. Det er derfor å anbefale å holde et øye til V-Ray adv., spesielt om man sitter på et CPU-kraftig system. Det er fullt mulig at man føler den fullstendig støtten av renderings-teknologier gjennom V-Ray adv. kan forsvare den økte renderingstiden. V-Ray adv. og V-Ray RT leveres i samme pakke, slik at det alltid er mulig å benytte den versjonen man finner mest passende til situasjonen. Pris for den samlede pakken er i skrivende stund 9644 NOK per lisens⁹

4.3.12 Chaos Group - V-Ray RT for 3ds Max (3.30.05) (rendering)

V-Ray RT har vist seg meget nyttig gjennom å være den raskeste renderingsmotoren som er testet. Motoren er i stand til å levere renderingstider lave nok for et effektivt oppsett. Erfaringen viser også en stor fordel ved relativt enkelt sceneoppsettet for lys og kamera. Det kreves få endringer fra grunninnstillingene for å oppnå gode resultater, samtidig som det finnes en rekke muligheter for å fremstille scenen akkurat slik man ønsker. Dette gjelder også for V-Ray adv.

⁹ Pris hentet fra <http://shop.vray.info/> og omregnet til NOK med google «Kalkulator og enhetskonvertering»

Den største utfordringen direkte knyttet til V-Ray RT og rendering på skjermkort (GPU), er minnemengden som er tilgjengelig. På maskinen brukt i denne oppgave har en hatt 4 GB tilgjengelig. Dette gjelder samtidig for hele systemet, Windows og 3ds Max grensesnittet bruker i utgangspunkt over 1 GB av dette. Konsekvensen har blitt at man ikke har fått rendert ut større områder med både vegetasjon og mange kjøretøy. Alle teksturer har også blitt skalert ned gjennom V-Ray RT for å begrense minnebruken. Dette har spesielt gått utover kvaliteten på ortofoto.

For å løse problematikken rundt høyt minnebruk, virker løsningen enkel. Skjermkortet må være mer egnet for oppgaven, med mer minne og helst høyere ytelse. Maskinvaren spiller en vesentlig rolle for effektiviteten og ikke minst muligheten for visualiseringer. Dette er drøftet nærmere i del-kapitel «4.4 - Maskinvare og ytelse».

4.3.13 NVIDIA - Mental Ray (rendering)

Renderingsmotoren Mental Ray fra NVIDIA følger med 3ds Max uten ekstra kostnad. Visuelt gir den gode resultater og er som V-Ray ikke vanskelig å sette opp. Problemet med Mental Ray slik man har erfart det gjennom denne oppgaven, samt tidligere prosjektoppgaven om samme tema, er at den er alt for treg. Renderinger forløper så langsomt at det blir umulig å opprettholde en effektivitet høy nok til bruk i 3D-visualisering av vegprosjekter. På bakgrunn av dette er bruken av denne renderingsmotoren skrinlagt.

4.3.14 Houdini Ocean for 3ds Max (2015.02.11.1) (tillegg)

For realistisk gjengivelse av hav og større elver, uten særlig bevegelse, kan Houdini Ocean gi meget gode resultater. Enkle og intuitive parametere gjør det mulig endre alt bra bølgehøyde til vindretning for animasjon. Tillegget er effektivt i bruk og gratis tilgjengelig.

Gjengivelse av elver med stor fallhøyde og generelt mye variasjon i vannmassene, er det ikke mulig å gjengi på en realistisk måte. Dette kan man heller ikke forvente, da elver trolig må gjengis med helt andre teknikker og verktøy. Under ett har Houdini Ocean vist seg å ha lav brukerterskel og være et meget nyttig verktøy for å oppnå økt realismen i scenen.

4.3.15 Material Converter v.1.24 (Script)

V-Ray RT har vist seg ikke å fungere med standardmaterialene for objekter i Civil View. Gjennom et enkelt panel gjør Material Converter det mulig å konvertere materialer til ulike renderingsmotorer. Scriptet er enkelt, men relativt tregt å kjøre hvis det er mange objekter som skal behandles. Dette har vist seg meget nyttig fordi man har unngått å sette seg inn hvordan konverteringen kunne vært gjort på annen måte. Scriptet er gratis tilgjengelig.

4.3.16 ImagesToVideo av Jaromir Sivic

All rendering gjøres bilde for bilde. ImagesToVideo setter disse sammen til en video i ønsket filformat. Programmet har en meget enkel brukerterskel og gjør jobben som forventet. ImagesToVideo er gratis tilgjengelig.

4.4 Maskinvare og ytelse

Maskinvaren har ikke uventet vist seg å spille en viktig rolle i hvor effektivt det er mulig å sette opp en 3D-visualisering av vegprosjekter med trafikkmodeller. Flere ytelsestester er gjennomført for å synliggjøre sammenhengen mellom viktige komponenter og ytelse.

Maskinvaren brukt i denne oppgaven har gitt en renderingstiden på litt over 2 minutter uten vegetasjon og 1125 kjøretøy i modellen. Med trær, rundt 3 minutter, mens med fullvegetasjon over store flater, rundt 10 minutter. Dette gir en totaltid for produksjon av 60 sekunder video på henholdsvis 50, 75 og 250 timer. Det er mulig å benytte maskinen som utfører renderingen til andre oppgaver, om man bruker et dedikert skjermkort til rendering. Prosessen er automatisk, men til tross for dette anses de lange renderingstidene som den største utfordringen for å opprettholde et effektivt oppsett.

Slik tidsbruken for renderinger er for systemet i denne oppgaven, kan det virke som man ligger på et vippepunkt for om det kan forsvares å bruke standard renderingsmotorer som V-Ray for visualisering av vegprosjekter med trafikkmodeller. Spesielt om det stadig må renderes ut nye videoer som følge av endringer i trasévalg og trafikk.

For å kunne oppnå høyest mulig effektivitet og skape en mer levedyktig modell, er det blitt satt opp et system meget godt egnet for en 3D-visualisering. Systemet er satt opp for høy ytelse under behandling av modellen, inkludert en meget rask flash-basert harddiskløsning og 32 GB minne. For rendering benyttes 2 av de kraftigste skjermkortene på markedet har å by på.

Systemet er konfigurert basert på erfaring med datautstyr i denne oppgaven samt ytelsestester. For ytelsestesten gjelder både de utført selv og fra andre kilder som passmark.com. Det har også vært viktig at ytelsen per krone skal være høy. Komponentene som utgjør maskinen, er satt i system og er tilgjengelig gjennom denne nettside: <http://www.prisguide.no/liste/160246>

Tabell 27 - Anbefalt maskinvare for 3D-visualisering av vegprosjekter m/ trafikkmodeller

Komponent:	Produkt:	Antall:	Pris:
Hovedkort	Asus X99-A	1	2519,-
CPU	Intel Core i7-5820K	1	3879,-
GPU	NVIDIA GeForce GTX 1080 (8GB)	2	7599,-
Minne	Kingston HyperX Predator DDR4 2800MHz 16GB CL14 (4x4GB)	2	1112,-
Flash-disk	Samsung 950 Pro 512GB M.2	1	3185,-
Strømforsyning	Corsair RM850	1	1299,-
Kabinett	NZXT H440	1	1190,-
		Totalt:	29494,-

Det anslås at systemet som er beskrevet, vil gi en ytelsesøkning for selve rendering på 3-5 ganger det man har sett for systemet i denne oppgaven. Nøyaktig hvor stor økningen blir, er mye basert på hvor effektivt V-Ray RT utnytter bruken av flere skjermkort. Tiden for innlasting til rendering, som mye er avhengig av antall objekter i scenen, vil trolig også bli kraftig redusert, gjennom en betydelig raskere CPU, flash-disk og generell ytelse for hele systemet. Det anses ikke urealistisk å kunne oppnå en reduksjon per renderte bilde til 1/5 av det man har sett for systemet i denne oppgaven. Med en slik reduksjon blir tiden for produksjon av 60 sekunder

med video, 10, 15 og 50 timer for henholdsvis kun Virtual Map grunnlag, terrengmodell med trær, og full vegetasjon over større områder.

Systemet reduserer ikke bare renderingstiden per ferdig bilde, men vil også kunne gi andre viktige fordeler. Eksempelvis gir den økte minnemengden for skjermkortene det mulig å bruke høyoppløselig ortofoto, langt større terrengmodeller og et vesentlig høyere detaljnivå. Hele system vil også oppleves som betydelig raskere og modellhåndteringen i 3ds Max vil flyte langt bedre. Å skaffe oversikt over animasjonen før den renderes ut, vil også bli enklere som følge av bedre flyt, noe som igjen øker sannsynligheten for å oppdage feil ved animasjonen, før den renderes ut.

Moderne utstyr, egnet for 3D-visualisering, erfares helt nødvendig for å kunne opprettholde et effektivt oppsett. Et oppsett som gjør metoden levedyktig og tidsmessig sammenlignbar med tradisjonelle 3D-visualiseringer.

4.5 Alternative renderingsmetoder

På bakgrunn av de lange renderingstidene er det blitt søkt på alternative løsninger for produksjon av en endelig animasjon. Basert på hva Multiconsult i dag bruker og egne tanker har det fremkommet to alternative programvarer som potensielt kan løse problemet, samt at det gir nye muligheter gjennom sanntidspresentasjoner.

4.5.1 Lumion

Lumion gjør det mulig å jobbe med modellgrunnlaget med en visning i tilnærmet ferdigrendert tilstand. Det ferdigrenderte resultatet ligger så nært opp til modellgrunnlaget, at renderingstiden for endelig animasjon er meget rask. Programmet har også et stort galleri av alt fra vegetasjon til kjøretøy og en rekke effekter som gir økt realisme (lumion3d.com, 2016).

Multiconsult bruker i dag Lumion i utstrakt grad for 3D-visualisering av vegprosjekter. Tim Zapart, som jobber med 3D-visualiseringer hos dem, viser til raskt oppsett og rendering av animasjon. Dette er en av hovedgrunnene til at de benytter programvaren fremfor 3ds Max og konvensjonell rendering, som de ved tidligere tester har funnet ut være for «treg» (Zapart, 2016).

I utgangspunktet virker Lumion langt bedre egnet for oppgaven enn 3ds Max og rendering med V-Ray RT, selv om det er mulig at et raskere maskinoppsett ville gjort 3ds Max mer attraktiv.

Problemet ligger i importen av simulert trafikk fra AIMSUN. Programmet syns ikke å inneha denne funksjonaliteten og man har heller ikke vært i stand til å importere animert trafikk fra 3ds Max. Basert på dette har det ikke vært mulig å gå videre med Lumion for 3D-visualiseringer av vegprosjekter med trafikkmodeller.

4.5.2 Unreal Engine 4

Unreal Engine er en komplett samling av utviklingsverktøy for spillutvikling. Verktøyene er brukt for hundrevis av spill, sanntid 3D-filmer og visualiseringer. Unreal Engine 4 utnytter det siste innen hardware for å kunne levere best mulig resultater.

Tanken bak å bruke disse verktøyene, ligger i naturen til en spillmotor. Når et spill utvikles ønskes høy visuell kvalitet uten at det går på bekostning av antall bilder per sekund. Med tanke på hva man selv har sett og spilt og som er utviklet i Unreal Engine, yter den meget godt sett i forhold til hvilken visuell kvalitet som er oppnådd. Spesielt interessant er det at dette også

gjelder for meget store terrengmodeller, spekket med detaljert vegetasjon. Det er utviklet en demo som illustrer dette. Denne kjører i sanntid på en maskinvare mindre kraftig enn den som er anbefalt for 3D-visualiseringer i denne oppgaven og er tilgjengelig på denne nettadressen: <https://www.youtube.com/watch?v=Yo2-Pgcmh8U>.

På mange måter kan Unreal Engine minne om Lumion, med modellhåndtering visuelt veldig nært opp til endelig rendering. Den store fordelene, slik man ser det, er at evnen til å vise en scene i sanntid, viser seg enda bedre. Dette åpner potensielt for muligheten til å bevege seg fritt rundt i modellen, mens kjøretøy fra AIMSUN følger sitt simulerte mønster. Det kan spoles i animasjonen for å se på ulike trafikkscenarioer, og dermed oppnå et mer virkelighetsnært bilde av situasjonen, enn det som er mulig med ferdig oppsatte videosekvenser.

Hovedutfordringen ved bruk av Unreal Engine er, som for Lumion, at man ikke kan se å finne støtte for import av simulert trafikk fra AIMSUN. Heller ikke i Unreal Engine har man klart å importere animasjoner for kjøretøyene, satt opp i 3ds Max. Med dette har muligheten av å utforske denne innfallsvinkelen blitt stoppet.

Virtual Reality:

Virtual Reality er en programvare som presenterer brukeren for et kunstig miljø, så nært opptil virkeligheten som mulig. En tar typisk på seg briller med en skjerm for hvert øye, som viser en 3D-opplevelse av en video eller kunstig verden (whatis.techtarget.com, 2016). Unreal Engine støtter utvikling rett mot Virtual Reality (docs.unrealengine.com, 2016). En av grunnidéene bak denne oppgaven er å kunne gjengi nye vegprosjekter på en så virkelighetsnær måte som mulig, gjennom simulert trafikk og høy realisme. Gjennom bruk av Virtual Reality vil det trolig kunne være mulig å la beslutningstakere for vegprosjekter oppleve konsekvensene og omfanget av et nytt prosjekt enda tettere på kroppen.

5. Konklusjon

Gjennom tidligere arbeider med 3D-visualisering av vegprosjekter hos Asplan Viak, oppdaget man et potensiale i å inkludere trafikksimuleringer. Muligheten til å vise trafikksituasjonen som følger et nytt vegprosjekt håpet man ville gi beslutningstakere et bedre grunnlag for sine valg. Potensialet ble bekreftet gjennom kontakt med de største norske aktørene på området. Utfordringen, slik den selv ble erfart, og slik bransjen formulerte den, lå i hvor tidkrevende dette arbeidet dette viste seg å være. De viktigste punktene vedrørende hvorfor dette arbeidet er tidkrevende, fikk man også innsikt i. Basert på tilbakemeldingen og eget ønske om å skape en levedyktig metode, ble følgende problemstilling formulert:

«Hvordan effektivisere og skape et virkelighetsnært oppsett for 3D-visualisering av vegprosjekter med trafikkm modeller fra AIMSUN?»

For å kunne svare på dette ble det formulert ut fire forskningsspørsmål. Gjennom disse fire belyses de meste sentrale områdene for hvordan det er mulig å oppnå et effektivt oppsett. I tillegg er det blitt sett på hvordan man kan skape en så virkelighetsnær presentasjon som mulig. Dette for å støtte opp under at trafikksimuleringer forhåpentligvis skal kunne gi en mer komplett fremstilling av fremtidige vegprosjekter. På bakgrunn av dette er det blitt formulert ut 5 relevant forskningsspørsmål. Under følger et forsøkt på å besvare disse så konkret som mulig.

1. Hvilket grunnlag må modellen bygges på?

Enten et prosjekteringsgrunnlag fra Novapoint og Virtual Map, eller et hvilket som helst verktøy i stand til å eksportere et vegprosjektet objekt for objekt, på et filformat støttet av 3ds Max.

2. Hvilken programvare og hvilke tillegg bør benyttes?

Kombinasjonen av 3ds Max og Civil View gjør det mulig å importere og behandle trafikksimuleringsdata. Man har ikke funnet noen annen god måte å presentere trafikksimulering i en 3D-visualisering på, og kombinasjonen regnes derfor som absolutt nødvendig. Trafikksimuleringene kan gjøres med hvilket som helst program i stand til å eksportere kjøretøys-koordinater gjennom en simulering, på et format støttet av Civil View. Et enkelt GIS-verktøy, som eksempelvis QGIS, er trolig nødvendig for overgangen fra prosjektert vegstrekning til trafikksimuleringsnettverk i AIMSUN. Det samme gjelder for AutoCAD MAP 3D. Forest Pack Pro har vist seg meget godt egnet for å kunne øke realismen i scenen gjennom detaljert vegetasjon, samtidig som man opprettholder et effektivt oppsett i modellen. V-Ray RT er den renderingsmotoren som med god margin har gitt den mest optimale tidsbruken for produksjon av endelig animasjon.

3. Hvordan kan man oppnå høy presisjon mellom prosjekteringsgrunnlag og trafikksimuleringsnettverk på en redusert manuell måte?

Dette kan løses ved hjelp av et GIS-verktøy, som eksempelvis QGIS, som er benyttet i denne oppgaven. SHAPE-linjer for vegnettet konverteres ut fra prosjekteringsgrunnlaget og behandles i QGIS, før de importeres som trafikksimuleringsnettverk. Med denne metoden har det vært mulig å oppnå høy presisjon, gjennom lang mer automatiserte teknikker.

4. Hvilken maskinvare kreves?

Både håndteringen av komplekse 3D-modeller og renderingsprosessen, setter høye krav til maskinvaren. Basert på erfaringer gjort i denne oppgaven, egen og eksterne ytelsestester, samt et ønske om høy ytelse per krone er det blitt satt opp et system som man mener er meget god egnet. Det komplette systemet er å finne i del-kapittel «4.4 - Maskinvare og ytelse».

5. Hvordan skape mer virkelighetsnære presentasjoner av vegprosjekter?

Ved å bruke trafikk som stammer fra simuleringer, vil man bidra til å ha heve det totale inntrykket og gi en mer komplett fremstilling av vegprosjektet. Sammen med viktig tillegg som Forest Pack Pro for vegetasjon, teksturer av høy kvalitet, V-Ray for rendering og andre verktøy brukt i denne oppgaven, håper man at publikum og beslutningstakere skal kunne oppleve dette som mer virkelighetsnært enn tidligere sett for 3D-visualiseringer av vegprosjekter.

Viktig å merke seg er at for å kunne oppnå kompleksiteten og detaljnivået som presenteres gjennom metoden i denne oppgaven, kreves det maskinvare kraftigere enn det som har vært tilgjengelig. Det har derfor ikke vært mulig å vise metodens fulle potensiale.

Svar på problemstillingen:

Den utviklede metoden benytter mange kjente og flere, potensielt nye teknikker. Man mener gjennom dette at man har tilrettelagt for en fremgangsmåte som gjør bruk av trafikkmodeller i 3D-visualisering av vegprosjekter mer effektiv. Metoden er således svaret på problemstillingen: **«Hvordan effektivisere og skape et virkelighetsnært oppsett for 3D-visualisering av vegprosjekter med trafikkmodeller fra AIMSUN?»**

Det er viktig å merke seg at det kreves generell bakgrunnskunnskap for alle de anvendte programmene og en egnet maskinvare for å kunne gjennomføre metoden slik den er tenkt.

Selv om oppgaven erklæres som løst, er den ikke uten potensiale for videreutvikling og alternative løsninger. Disse er i hovedsak drøftet i foregående del-kapittel, «4.5 - Alternative renderingsmetoder» og i neste kapittel, «6 - Videre arbeid»

6. Videre arbeid

På bakgrunn av oppgavens omfang, har det ikke vært mulig å gå i dybden på alle områder. Under følger en oppsummering av de viktigste punktene som det trolig bør bli sett nærmere på.

Kjøretøystilpasning til vegoverflaten, prosjektering med et alternativt verktøy:

Resultatene for tilpasningen av kjøretøy til underlaget, har ikke vist seg så presist som ønsket. Dette kommer spesielt frem i situasjoner hvor man ønsker å komme tett på trafikken. Best resultat er blitt oppnådd med rundt 1 sekund for simuleringsteget i AIMSUN, hvor kjøretøyene fremstår å «bølge» rolig litt over og under vegoverflaten i 3ds Max. For et simuleringsteg på eksempelvis 0,1 sekund, som kan være ønskelig for en enda mer nøyaktig plassering i vegbanen, fremstår kjøretøyene som om de «spretter» opp og ned i vegoverflaten.

Det er uvisst om disse svakhetene i tilpasningen, mellom kjøretøy og underlag, skyldes prosjekteringsgrunnlaget fra Novapoint, eller Civil View sin funksjonalitet for dette. Det kan derfor være en god idé å teste om veger prosjektert i for eksempel Civil 3D, egner seg bedre for dette formålet. En annen mulighet er å undersøke om verktøy i 3ds Max kan jevne ut overflaten. Man testet blant annet «Surface Modifier», som gjør det mulig å lage overflateelementer fra omliggende linjer (knowledge.autodesk.com, 2016e). Verktøyet ble testet direkte på den prosjekterte .dwg filen for vegoverflaten, da denne virker mindre kompleks enn den eksportert via VM. «Surface Modifier», viste seg ikke å danne et jevnere underlag, til tross for at det ble testet flere ulike innstillinger. Basert på erfaringer gjort i denne oppgaven har 3ds Max utrolig mange gode verktøy, så det kan ikke utelukkes at det fins et mer egnet.

Video-vedlegg 2.4 til 2.10 illustrerer forskjellen i tilpasning til underlaget, ved simuleringsteg på 0,1 og 1 sekund.

AIMSUN: Effektivisere oppsett av simuleringsnettverk, senterlinjer på SHAPE-format:

Resultatene for den mer eller mindre automatiske opptegningen av trafikksimuleringsnettverk i AIMSUN har vist seg god. Man ser likevel et forbedringspotensiale hvis det hadde vært mulig å unngå bearbeidelse i QGIS, samt mindre manuelle forflytninger av trafikksimuleringsnettverket ved 2-felts veger. Dette kunne trolig vært oppnådd ved å eksportere ut SHAPE-linjer for vegens senterlinje direkte fra prosjekteringsgrunnlaget. Om dette er mulig bør derfor undersøkes.

FKB/SOSI data for eksisterende vegnettverk:

Man ønsker at metoden som er utviklet skal kunne tydeliggjøre før- og etter scenarioer ved å bruke ulike trafikktall for én eller flere situasjoner. Det er derfor meget aktuelt å se på import av eksisterende veger gjennom bruk av FKB/SOSI data til AIMSUN. Det må vurderes hvordan man effektivt kan «prosjektere» opp disse, på en måte som lar seg importere til 3ds Max. Dette kan virke tidkrevende, men det skal være mulig gjennom eksempelvis Civil 3D eller Infracore 360. Rask tidligfase-prosjektering, med vegmodeller egnet for 3D-visualiseringer, skal være mulig med disse programvarene (Escherud et al., 2015, autodesk.com, 2016b). Dette kan åpne for nye muligheter når man skal synliggjøre hvilke forskjeller en nybygging vil gi.

Det er også mulig å se for seg at bruk av FKB/SOSI-data for eksisterende veger, benyttes for utvidelse av modellområdet for en mer helhetlig og realistisk fremstilling. Modellområdet brukt i denne oppgaven kan fremstå som noe avkuttet i ytterkantene. Det kunne med fordel blitt

utvidet noe for heller å gi en indikasjon på hvor overgangen mellom eksisterende og fremtidig veg vil gå.

Animasjon og rendering:

Til tross for at de visuelle resultatene fremstår tilfredsstillende, ser man et mulig forbedringspotensial i å legge mer tid til selve oppsettet av V-Ray RT. Det er blitt registrert noe støy i bildet samt utvaskede kontraster. Rendering er en «kunst» i seg selv og det kan med fordel søkes flere innspill på dette området.

For animasjonen har man slitt noe med mildt «hakking». Teknikker som «Motion Blur» er blitt prøvd ut, med et visst hell. Ved raskere bevegelser, spesielt for kamera, skulle det likevel gjerne vært sett en bedre flyt i bilde. Det er mulig å redusere omfanget av problemet ved å øke antall bilder per sekund, men dette går igjen på bekostning av den totale tidsbruken for produksjon av video. Som for renderingen, hadde det vært en fordel med flere dirkete innspill. Uansett ses dette på som et videre arbeid, da resultatene fremstår som tilfredsstillende.

Maskinvare:

Gjennom utvikling av metoden, overvåkingen av maskinvare og tester av denne, kommer det frem at moderne, og egnet utstyr, har stor påvirkning for et effektivt oppsett. Å kunne teste mer dagsaktuell maskinvare hadde derfor vært av interesse. Dette har dessverre ikke vært mulig fordi tilgangen på slikt utstyr, har manglet. Som følge av potensiell lisensproblematikk ville det heller ikke vært mulig å teste annen maskinvare, selv om universitet og Multiconsult kunne stilt med dette.

7. Feilkilder

Det føles vanskelig å peke på spesifikke feilkilder i denne oppgaven. Den største feilkilden ligger nok i mangel på kompetanse for anvendt programvaren. Gjennom oppgaven er det gjort erfaring med at enkelte tilfeller har gått fra å være vanskelig og tidkrevende å løse, til å plutselig å vise seg det motsatte. Dette kan for eksempel dreie seg om manglende presisjon ved manuell opptegning i AIMSUN, som med riktig bruk av verktøy ble langt enklere å løse. Det har skjedd en kontinuerlig tilnærming av spesifikk kunnskap gjennom utviklingen av metoden og det er således aldri noen garanti for at det ikke fins bedre og mer effektive måter å sette det opp på. Om dette kan klassifiseres som en feilkilde, eller om det kan påregnes en viss kunnskapsmangel for enhver masteroppgave kan vel diskuteres. Det er uansett et aspekt som gir en usikkerhet inn mot resultatenes absolutte gyldighet.

Det er gjort en rekke tester på tidsbruken knyttet til de ulike automatiske prosessene, som rendering, import av kjøretøy, tilpasningen av disse til underlaget osv. For disse testene er det blitt forsøkt å sette opp en så nøytral plattform som mulig. Dette betyr blant annet at modellen/scenene i 3ds Max skal være lik for samme type test og at ingen andre programvare kjørt på PCen, skal påvirke resultatet. Full oversikt har det allikevel ikke vært mulig å ha. Derfor bør det i noen grad medregnes et tidsavvik her.

8. Referanser

- AAKRE, A. 5. oktober 2015a. *RE: Forelesningsnotater, TBA4286 - Trafikkavvikling og ITS*
- AAKRE, A. 2015b. *Modellering og simulering.*
- AIMSUN.COM. 2015a. *Aimsun 8.0.2 is out!* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://www.aimsun.com/wp/?p=5088> [Oppsøkt 26. oktober 2015].
- AIMSUN.COM. 2015b. *Traffic modelling without boundaries* [Online]. Tilgjengelig fra: http://www.aimsun.com/wp/?page_id=21 [Oppsøkt 26. oktober 2015].
- AMUNDSEN WELDE, A. 2. november 2015. *RE: Mailkorrespondanse med Anders Amundsen Welde , Samferdsel og infrastruktur, Multiconsult.*
- AUTODESK. 2012. *AutoCAD Civil 3D - Using Civil View for Autodesk 3ds Max Design Software to Visualize AutoCAD Civil 3D Designs* [Online]. Tilgjengelig fra: http://static-dc.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/industries/civil-infrastructure/transportation-infrastructure/Docs/using_autodesk_civil_view_whitepaper_0512_en.pdf [Oppsøkt 1. mai 2016].
- AUTODESK.COM. 2015a. *3D modeling and animation tools* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://www.autodesk.com/products/3ds-max/features/all/gallery-view> [Oppsøkt 26. oktober 2015].
- AUTODESK.COM. 2015b. *What is DWG?* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://www.autodesk.com/products/dwg> [Oppsøkt 24. oktober 2015].
- AUTODESK.COM. 2016a. *Definition of Educational Purposes* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://www.autodesk.com/company/educational-purposes> [Oppsøkt 29. april 2016].
- AUTODESK.COM. 2016b. *INFRAWORKS 360 - Features* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://www.autodesk.com/products/infraworks-360/features/all> [Oppsøkt 3. juni 2016].
- AUTODESK.NO. 2016. *Oversikt - Modellbasert GIS- og karttegningsprogramvare* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://www.autodesk.no/products/autocad-map-3d/overview> [Oppsøkt 28. april 2016].
- AVINOR, JERNBANEVERKET, KYSTVERKET & STATENS VEGVESEN 2008. *Transportmodeller og virkningsberegningstøytø.*
- BANG, B. 3. november 2015. *RE: Mailkorrespondanse med Bang Børge , Statens Vegvesen.*
- BART, D. E. 2015. *Talk at the ITS world congress.* In: TORSTENSON, S. N. (ed.).
- BUSK, O. K. 2016. *Render Passes and Compositing with 3ds Max, V-Ray and After Effects* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://www.cgsource.net/render-passes--compositing.html> [Oppsøkt 29. april 2016].
- CHAOSGROUP.COM. 2015. *V-Ray RT - GPU Rendering* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://docs.chaosgroup.com/display/VRAY3/GPU+Rendering> [Oppsøkt 29. oktober 2015].
- CHAOSGROUP.COM. 2016. *Commercial Render Farm Section* [Online]. Tilgjengelig fra: http://www.chaosgroup.com/en/2/vray_services.html [Oppsøkt 29. april 2016].
- COOLUTILS.COM. 2015. *What is JPEG?* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://www.coolutils.com/Formats/JPEG> [Oppsøkt 24. oktober 2015].
- DOC.ARCGIS.COM. 2016. *Shapefiles* [Online]. Tilgjengelig fra: <https://doc.arcgis.com/en/arcgis-online/reference/shapefiles.htm> [Oppsøkt 29. april 2016].
- DOCS.CHAOSGROUP.COM. 2016a. *Sun and Sky System / V-RaySun* [Online]. Tilgjengelig fra:

- <http://docs.chaosgroup.com/display/VRAY3MAX/Sun+and+Sky+System+%7C+VRaySun> [Oppsøkt 2. mai 2016].
- DOCS.CHAOSGROUP.COM. 2016b. *V-Ray RT Supported Features* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://docs.chaosgroup.com/display/VRAY3MAX/V-Ray+RT+Supported+Features> [Oppsøkt 15. mai 2016].
- DOCS.CHAOSGROUP.COM. 2016c. *V-Ray Dome Light* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://docs.chaosgroup.com/display/VRAY2SKETCHUP/VRay+Dome+Light> [Oppsøkt 2. mai 2016].
- DOCS.ITOOSOFT.COM. 2016a. *Forest Color* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://docs.itoosoft.com/display/FORESTPACK/Forest+Color> [Oppsøkt 15. mai 2016].
- DOCS.ITOOSOFT.COM. 2016b. *Forest Pack Pro - Animation* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://docs.itoosoft.com/display/FORESTPACK/Animation> [Oppsøkt 15. mai 2016].
- DOCS.ITOOSOFT.COM. 2016c. *Forest Pack Pro - Requirements* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://docs.itoosoft.com/display/FORESTPACK/Requirements> [Oppsøkt 15. mai 2016].
- DOCS.ITOOSOFT.COM. 2016d. *Official Documentation* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://docs.itoosoft.com/display/FORESTPACK/General> [Oppsøkt 4. mai 2016].
- DOCS.ITOOSOFT.COM. 2016e. *Rendering Best Practice* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://docs.itoosoft.com/display/FORESTPACK/Rendering+Best+Practice> [Oppsøkt 15. mai 2016].
- DOCS.UNREALENGINE.COM. 2016. *Virtual Reality Development* [Online]. Tilgjengelig fra: <https://docs.unrealengine.com/latest/INT/Platforms/VR/> [Oppsøkt 24. mai 2016].
- DR. BART, E. 5. oktober 2015. *RE: Samtale med Dr. Emmanuel Bart, Project Manger, Transport Simulation Systems (TSS)*
- EDULEARN.COM. 2014. *What is Civil 3D? How is Civil 3D used?* [Online]. Tilgjengelig fra: http://www.edulearn.com/article/what_is_civil_3d.html#what_is_civil_3d [Oppsøkt 24. oktober 2015].
- EN.CZE.CZ. 2016. *Images to video* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://en.cze.cz/Images-To-Video> [Oppsøkt 9. mai 2016].
- ESKERUD, P., ENGBRETSSEN, A. & GUNDERSEN, L.-A. 21. desember 2015. *RE: Intervju med Focus Software AS.*
- EVERMOTION.ORG. 2016. *3DMAX/VRAY BENCHMARK TEST* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://www.evermotion.org/vbulletin/showthread.php?106109-3DMAX-Vray-benchmark-test> [Oppsøkt 3. juni 2016].
- FILEFORMAT.INFO. 2016. *Wavefront OBJ File Format Summary* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://www.fileformat.info/format/wavefrontobj/egff.htm> [Oppsøkt 22. april 2016].
- FILEINFO.COM. 2016. *3ds Max Scene File* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://fileinfo.com/extension/max> [Oppsøkt 29. april 2016].
- FOCUS.NO. 2015. *Hvem er Focus Software?* [Online]. Tilgjengelig fra: https://www3.focus.no/om_oss/ [Oppsøkt 7. november 2015].
- GAMING.MSI.COM. 2016. *Afterburner* [Online]. Tilgjengelig fra: <https://gaming.msi.com/ru/features/afterburner> [Oppsøkt 15. mai 2016].
- GEFORCE.COM. 2016. *GeForce GTX 480 - Specifications* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://www.geforce.com/hardware/desktop-gpus/geforce-gtx-480/specifications> [Oppsøkt 18. mai 2016].
- GRØNLUND, H. 26. oktober 2015. *RE: Mailkorrespondanse med Halvor Grønlund , Trafikk, Multiconsult.*

HDRI-SKIES.COM. 2016. *HDRI Sky 129* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://hdri-skies.com/shop/hdri-sky-129/> [Oppsøkt 29. april 2016].

HELP.AUTODESK.COM. 2016a. *Rail Object Style Editor* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://help.autodesk.com/view/3DSMAX/2016/ENU//index.html?guid=GUID-4E5AADB3-6EEE-4B85-9398-339B1FC22652> [Oppsøkt 1. mai 2016].

HELP.AUTODESK.COM. 2016b. *Surface Tracking Manager Panel* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://help.autodesk.com/view/3DSMAX/2016/ENU//index.html?guid=GUID-CEB35991-4A37-4352-AE01-6C1B76358A14> [Oppsøkt 1. mai 2016].

HELP.AUTODESK.COM. 2016c. *Traffic Simulation (FZP) File Import Panel* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://help.autodesk.com/view/3DSMAX/2016/ENU//index.html?guid=GUID-607F1D5B-07F9-4BF2-A907-F62020CF01E9> [Oppsøkt 1. mai 2016].

HELP.AUTODESK.COM. 2016d. *Using Civil View* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://help.autodesk.com/view/3DSMAX/2016/ENU/?guid=GUID-8497A85A-274C-458B-AC85-A0CA00E21469> [Oppsøkt 30. april 2016].

HELP.AUTODESK.COM. 2016e. *Vehicle Substitution Manager Panel* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://help.autodesk.com/view/3DSMAX/2016/ENU//index.html?guid=GUID-2B6CFFDE-30D8-428B-AF88-F8AAADAC1508> [Oppsøkt 1. mai 2016].

HELP.CHAOSGROUP.COM. 2011. *V-Ray RT, CPU vs GPU comparisons* [Online]. Tilgjengelig fra: http://help.chaosgroup.com/vray/images/stuff/rt_gpu/ [Oppsøkt 18. mai 2016].

HELP.NOVAPOINT.COM. 2016. *Novapoint Hjelp* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://help.novapoint.com/doku.php?id=no:np:start> [Oppsøkt 26. mai 2016].

HELP.SKETCHUP.COM. 2016. *3D Warehouse Terms of Use FAQ* [Online]. Tilgjengelig fra: <https://help.sketchup.com/en/article/3000049> [Oppsøkt 2. mai 2016].

ITOOSOFT.COM. 2015. *Description* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://www.itoosoft.com/forestpack.php> [Oppsøkt 26. oktober 2015].

ITOOSOFT.COM. 2016. *Using Edge Mode* [Online]. Tilgjengelig fra: http://www.itoosoft.com/tutorials/tutorial_edge_mode.php [Oppsøkt 15. mai 2016].

JENSEN, G. T. 26. oktober 2015. *RE: Mailkorrespondanse med Geir Trygve Jensen, Vianova.*

JENSSEN, T. 10. mai 2016. *RE: Veilderemøte.*

KARTVERKET.NO. 2015. *SOSI* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://kartverket.no/Standarder/SOSI/> [Oppsøkt 24. oktober 2015].

KNOWLEDGE.AUTODESK.COM. 2016a. *Bend Modifier Reference* [Online]. Tilgjengelig fra: <https://knowledge.autodesk.com/support/3ds-max/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2017/ENU/3DSMax/files/GUID-C83CBEE2-19FE-4D19-A1F8-52EC04D89A2A-htm.html> [Oppsøkt 15. mai 2016].

KNOWLEDGE.AUTODESK.COM. 2016b. *Motion Blur Rendering Effect* [Online]. Tilgjengelig fra: <https://knowledge.autodesk.com/support/3ds-max/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2016/ENU/3DSMax/files/GUID-0D96B63D-C1BC-44C6-AD36-9D8E5E7B097E-htm.html> [Oppsøkt 11. mai 2016].

KNOWLEDGE.AUTODESK.COM. 2016c. *Noise Modifier* [Online]. Tilgjengelig fra: <https://knowledge.autodesk.com/support/3ds-max/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2017/ENU/3DSMax/files/GUID-23D51A44-3163-41B4-9FF9-49C13047CED8-htm.html> [Oppsøkt 15. mai 2016].

KNOWLEDGE.AUTODESK.COM. 2016d. *Populate* [Online]. Tilgjengelig fra: <https://knowledge.autodesk.com/support/3ds-max/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2016/ENU/3DSMax/files/GUID-139D1FD6-3815-4A58-9698-BEE2E49A5DAB-htm.html> [Oppsøkt 1. mai 2016].

- KNOWLEDGE.AUTODESK.COM. 2016e. *Surface Modifier* [Online]. Tilgjengelig fra: <https://knowledge.autodesk.com/support/3ds-max/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2016/ENU/3DSMax/files/GUID-1456D1B2-7B31-4894-AC2C-A2F60660C922-htm.html> [Oppsøkt 29. april 2016].
- KNOWLEDGE.AUTODESK.COM. 2016f. *To Export SHP Files* [Online]. Tilgjengelig fra: <https://knowledge.autodesk.com/support/autocad-map-3d/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2015/ENU/MAP3D-Use/files/GUID-55FE7920-51ED-42AB-B52C-0AC25C198E46-htm.html> [Oppsøkt 29. april 2016].
- KNOWLEDGE.AUTODESK.COM. 2016g. *Using the Depth-of-Field Camera Effect* [Online]. Tilgjengelig fra: <https://knowledge.autodesk.com/support/3ds-max/getting-started/caas/CloudHelp/cloudhelp/2015/ENU/3DSMax-Tutorial/files/GUID-35095C82-45EF-49C4-A991-AB893B8A19F5-htm.html> [Oppsøkt 11. mai 2016].
- LERVIK NILSEN, Ø. 22. oktober 2015. *RE: Mailkorrespondanse med Øyvind Lervik Nilsen, Sivilingeniør ved Trafikk/utredning, Rambøll.*
- LUMION3D.COM. 2016. *PRODUCT INFORMATION* [Online]. Tilgjengelig fra: <https://lumion3d.com/product.html> [Oppsøkt 24. mai 2016].
- MACALISTER, S. 2013. *FBX file format* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://autodesk.typepad.com/bimtoolbox/2013/08/fbx-file-format.html> [Oppsøkt 22. april 2016].
- MAPWEL.NET. 2015. *OpenStreetMap (*.osm) file format support* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://www.mapwel.net/manual/0425osm.htm> [Oppsøkt 26. oktober 2015].
- MARCELLO, C. 2016. *DAD Rendering - Speed up your V-Ray rendering* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://www.vrayworld.com/index.php?section=tutorials&category=useful+tips&tutorial=useful-tips-speed-up-your-vray-rendering> [Oppsøkt 3. mai 2016].
- MOTIVACG.COM. 2016. *Material Converter v.1.24* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://www.motivacg.com/en/material-converter/> [Oppsøkt 15. mai 2016].
- MULTICONSULT.NO. 2015. *Økt bruk av 3D-modeller i prosjekter* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://www.multiconsult.no/okt-bruk-av-3d-modeller-i-prosjekter/> [Oppsøkt 18. oktober 2015].
- MÆHLUM, L. 2011. *FKB* [Online]. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/FKB> [Oppsøkt 24. oktober 2015].
- NORDDAL, K. S. & NILSSON, B. august 2015. *RE: Veilderemøte for prosjektoppgave.*
- NVIDIA-ARC.COM. 2015. *NVIDIA MENTAL RAY* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://www.nvidia-arc.com/mentalray.html> [Oppsøkt 29. oktober 2015].
- NXT.FLAMINGO3D.COM. 2016. *What is HDRI?* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://nxt.flamingo3d.com/page/what-is-hdri> [Oppsøkt 2. mai 2016].
- ODECK, J. 1995. Ranking of regional road investment in Norway. *Transportation*, 23, 123-140.
- OPENSTREETMAP.ORG. 2016. *Om* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://www.openstreetmap.org/about> [Oppsøkt 29. april 2016].
- PASSMARK.COM. 2016a. *High End CPUs - Intel vs AMD* [Online]. Tilgjengelig fra: https://www.cpubenchmark.net/high_end_cpus.html [Oppsøkt 18. mai 2016].
- PASSMARK.COM. 2016b. *Videocard Benchmarks* [Online]. Tilgjengelig fra: https://www.cpubenchmark.net/high_end_cpus.html [Oppsøkt 18. mai 2016].
- PIZZINI, J. 2014a. *GeForce GTX Rendering Benchmarks and Comparisons* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://blog.bboxtech.com/2014/11/17/geforce-gtx-rendering-benchmarks-and-comparisons/> [Oppsøkt 18. mai 2016].
- PIZZINI, J. 2014b. *GPU Rendering vs. CPU Rendering – A method to compare render times with empirical benchmarks* [Online]. Tilgjengelig fra:

- <http://blog.boxxtech.com/2014/10/02/gpu-rendering-vs-cpu-rendering-a-method-to-compare-render-times-with-empirical-benchmarks/> [Oppsøkt 18. mai 2016].
- PLOURDE, G. 2013. *Houdini Ocean for 3ds Max* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://www.guillaumeplourde.com/> [Oppsøkt 30. april 2016].
- QGIS.ORG. 2016. *QGIS - The Leading Open Source Desktop GIS* [Online]. Tilgjengelig fra: <https://www.qgis.org/en/site/about/> [Oppsøkt 27. april 2016].
- RINGSTAD, K. A. 29. september 2015. *RE: Intervju med Kent André Ringstad, Asplan Viak*.
- ROUSE, M. 2013. *full HDTV (ultra-HD, true HDTV, 1080p)* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://whatis.techtarget.com/definition/full-HDTV-ultra-HD-true-HDTV-1080p> [Oppsøkt 3. juni 2016].
- SALOMONSEN, J. 29. september 2015. *RE: Intervju med Joachim Salomonsen, Sivilingeniør, Asplan Viak*.
- SKÖLDSTEDT, V. 22. oktober 2015. *RE: Mailkorrespondanse med Viktor Sköldstedt, Trafikkingeniør, Norconsult*.
- STATENS VEGVESEN. 2013a. *3D-animasjon Sognefjorden* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://www.vegvesen.no/Vegprosjekter/ferjefriE39/Film> [Oppsøkt].
- STATENS VEGVESEN. 2013b. *Ferjefri E39* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://www.vegvesen.no/Vegprosjekter/ferjefriE39> [Oppsøkt].
- STATENS VEGVESEN. 2013c. *Åpen søknad på stilling i Region nord* [Online]. <http://karrierestart.no/>. Tilgjengelig fra: <http://karrierestart.no/ledig-stilling/257287> [Oppsøkt 20. oktober 2015].
- STORAGEREVIEW.COM. 2016. *SSD vs HDD* [Online]. Tilgjengelig fra: http://www.storagereview.com/ssd_vs_hdd [Oppsøkt 18. mai 2016].
- STUDY.COM. 2015. *What Is AutoCAD?* [Online]. Tilgjengelig fra: http://study.com/what_is_auto_cad.html [Oppsøkt 24. oktober 2015].
- TSS, T. S. S. 2013. *Aimsun to Autodesk 3ds Max*.
- TSS, T. S. S. 2015a. *Aimsun 8.1 User's Manual*. Barcelona, Spain.
- TSS, T. S. S. 2015b. *Video: Aimsun: dynamic 3D aerial view over London* [Online]. Tilgjengelig fra: https://www.youtube.com/watch?v=k_KjM31295M [Oppsøkt 3. juni 2016].
- V-RAY.COM. 2016. *New in V-Ray 3.3* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://www.v-ray.com/features/sp3/> [Oppsøkt 18. mai 2016].
- VATNE, S. 23. oktober 2015. *RE: Mailkorrespondanse med Steinar Vatne, Kart og 3D Visualisering, Rambøll*.
- VEGDIREKTORATET. 2015. *Modellgrunnlag* [Online]. Tilgjengelig fra: http://www.vegvesen.no/_attachment/395908/binary/1066934?fast_title=H%C3%A5n%20dbok+V770+Modellgrunnlag.pdf [Oppsøkt 18. oktober 2015].
- VENNESTRØM, V. E. 5. januar 2016. *RE: Intervju med Vemund Erling Vennestrøm, 3D/VR-designer, Vianova*.
- VIANOVASYSTEMS.NO. 2015a. *Fellesprosjektet E6 Dovrebanen* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://www.vianovsystems.no/BIM/KUNDE-ARTIKLER/E6-Dovrebanen#.ViY4WTahcuV> [Oppsøkt 18. oktober 2015].
- VIANOVASYSTEMS.NO. 2015b. *Hva er BIM* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://www.vianovsystems.no/BIM/Hva-er-BIM#.ViY-czahcuX> [Oppsøkt 18. oktober 2015].
- VIANOVASYSTEMS.NO. 2015c. *NovapointDCM* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://www.vianovsystems.no/Produkter/Novapoint#.ViuhUPkrfuU> [Oppsøkt 24. oktober 2015].

- VIANOVASYSTEMS.NO. 2016. *Novapoint Virtual Map* [Online]. Tilgjengelig fra: <https://www.vianovsystems.no/Produkter/Novapoint/Novapoint-Virtual-Map#.VxjoHjB94uW> [Oppsøkt 21. april 2016].
- VRAY-MATERIALS.DE. 2011. *How To Use* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://www.vray-materials.de/faqs.php> [Oppsøkt 3. mai 2016].
- VRAYFORC4D.NET. 2015. *Welcome* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://www.vrayforc4d.net/portal/> [Oppsøkt 29. oktober 2015].
- WHATIS.TECHTARGET.COM. 2016. *DEFINITION - virtual reality* [Online]. Tilgjengelig fra: <http://whatis.techtarget.com/> [Oppsøkt 24. mai 2016].
- WIKINOVA.INFO. 2016. *Virtual Map Modell Bygger* [Online]. Tilgjengelig fra: http://wikinova.info/doku.php/no:np:virtual_map:menu:builder:start [Oppsøkt 26. mai 2016].
- ZAPART, T. 10. mai 2016. *RE: Veilderemøte*.

9. Vedlegg

9.1 Vedlegg 1: Oppgaveteksten

Side 1 av 3



Fakultet for ingeniørvitenskap og teknologi
Institutt for bygg, anlegg og transport

MASTEROPPGAVE (TBA4945 Transport, masteroppgave)

VÅREN 2016
for
Sebastian Nikolai Torstenson

3D-visualisering av vegprosjekter med trafikkmodeller, 3ds Max 2016 og
AIMSUN

BAKGRUNN

Denne masteroppgaven ser på mulighetene knyttet til en kombinert bruk av programvare for 3D-visualisering og trafikkmodellering. Autodesk 3ds Max og TSS AIMSUN skal brukes i håp om å fremstille et mer helhetlig bilde av fremtidige vegprosjekter i Norge. Basert både på intervjuer og egne tanker, ligger det et potensiale i å kunne vise animasjoner av vegprosjekter med økt realisme i forhold til det man ser i dag. Dette håper man skal gi beslutningstaker, og spesielt de med mindre teknisk innsikt, et bedre grunnlag for sine valg.

Beskrivelse av oppgaven

Oppgaven er i all hovedsak satt opp som en metode, for hvordan effektivt å sette opp en 3D-visualisering av vegprosjekter med trafikkmodeller. Metoden er i resultatdelen gjennomgått for å synliggjøre dens potensiale, samt å peke på begrensinger og utfordringer for videre bruk. I diskusjonsdelen drøftes resultatene i lys av problemstillingen og forskningsspørsmålene. Man forsøker å svare på disse, samtidig som det diskuteres alternative løsninger på oppgaven.

Målsetting og hensikt

Hovedmålet med denne masteroppgaven er å utvikle en metode som gjør 3D-visualisering av vegprosjekter med trafikkmodeller mer levedyktig, uavhengig av prosjekteringsgrunnlaget. Metoden skal være effektiv, og kunne benyttes av alle med generell kompetanse for programvarene som er brukt.

Deloppgaver og forskningsspørsmål

Problemstilling:

Hvordan effektivisere oppsettet for en 3D-visualisering av vegprosjekter med trafikkmodeller fra AIMSUN?

Forskingsspørsmål:

- Hvilket grunnlag må modellen bygges på?
- Hvilken programvare og hvilke tillegg bør benyttes?
- Hvordan kan man oppnå høy presisjon mellom prosjekteringsgrunnlag og trafikksimuleringsnettverk på en redusert manuell måte?
- Hvilken maskinvare kreves?
- Hvordan skape mer virkelighetsnære presentasjoner av vegprosjekter?

GENERELT

Oppgaveteksten er ment som en ramme for kandidatens arbeid. Justeringer vil kunne skje underveis, når en ser hvordan arbeidet går. Eventuelle justeringer må skje i samråd med faglærer ved instituttet.

Ved bedømmelsen legges det vekt på grundighet i bearbeidningen og selvstendigheten i vurderinger og konklusjoner, samt at framstillingen er velredigert, klar, entydig og ryddig uten å være unødig voluminøs.

Besvarelsen skal inneholde

- standard rapportforside (automatisk fra DAIM, <http://daim.idi.ntnu.no/>)
- tittelside med ekstrakt og stikkord (mal finnes på siden <http://www.ntnu.no/bat/skjemabank>)
- sammendrag på norsk og engelsk (studenter som skriver sin masteroppgave på et ikke-skandinavisk språk og som ikke behersker et skandinavisk språk, trenger ikke å skrive sammendrag av masteroppgaven på norsk)
- hovedteksten
- oppgaveteksten (denne teksten signert av faglærer) legges ved som Vedlegg 1.

Besvarelsen kan evt. utformes som en vitenskapelig artikkel for internasjonal publisering. Besvarelsen inneholder da de samme punktene som beskrevet over, men der hovedteksten omfatter en vitenskapelig artikkel og en prosessrapport.

Instituttets råd og retningslinjer for rapportskrivning ved prosjektarbeid og masteroppgave befinner seg på <http://www.ntnu.no/bat/studier/oppgaver>.

Hva skal innleveres?

Rutiner knyttet til innlevering av masteroppgaven er nærmere beskrevet på <http://daim.idi.ntnu.no/>. Trykking av masteroppgaven bestilles via DAIM direkte til Skipnes Trykkeri som leverer den trykte oppgaven til instituttkontoret 2-4 dager senere. Instituttet betaler for 3 eksemplarer, hvorav instituttet beholder 2 eksemplarer. Ekstra eksemplarer må bekostes av kandidaten/ ekstern samarbeidspartner.

Masteroppgaven regnes ikke som ferdig levert før kandidaten har levert innleveringsskjemaet (fra DAIM) hvor både Ark-Bibl i SBI og Fellestjenester (Byggsikring) i Sentralbygg II har signert på skjemaet. Innleveringsskjema med de aktuelle signaturene underskrives av instituttkontoret før skjemaet leveres Fakultetskontoret.

Dokumentasjon som med instituttets støtte er samlet inn under arbeidet med oppgaven skal leveres inn sammen med besvarelsen.

Besvarelsen er etter gjeldende reglement NTNUs eiendom. Eventuell benyttelse av materialet kan bare skje etter godkjennelse fra NTNU (og ekstern samarbeidspartner der dette er aktuelt). Instituttet har rett til å bruke resultatene av arbeidet til undervisnings- og forskningsformål som om det var utført av en ansatt. Ved bruk ut over dette, som utgivelse og annen økonomisk utnyttelse, må det inngås særskilt avtale mellom NTNU og kandidaten.

(Evt) Avtaler om ekstern veiledning, gjennomføring utenfor NTNU, økonomisk støtte m.v. Beskrives her når dette er aktuelt. Se <http://www.ntnu.no/bat/skjemabank> for avtaleskjema.

Helse, miljø og sikkerhet (HMS):

NTNU legger stor vekt på sikkerheten til den enkelte arbeidstaker og student. Den enkeltes sikkerhet skal komme i første rekke og ingen skal ta unødige sjanser for å få gjennomført arbeidet. Studenten skal derfor ved uttak av masteroppgaven få utdelt brosjyren "Helse, miljø og sikkerhet ved feltarbeid m.m. ved NTNU".

Dersom studenten i arbeidet med masteroppgaven skal delta i feltarbeid, tokt, befaring, feltkurs eller ekskursjoner, skal studenten sette seg inn i "Retningslinje ved feltarbeid m.m.". Dersom studenten i arbeidet med oppgaven skal delta i laboratorie- eller verkstedarbeid skal studenten sette seg inn i og følge reglene i "Laboratorie- og verkstedhåndbok". Disse dokumentene finnes på fakultetets HMS-sider på nettet, se <http://www.ntnu.no/ivt/adm/hms/>. Alle studenter som skal gjennomføre laboratoriearbeid i forbindelse med prosjekt- og masteroppgave skal gjennomføre et web-basert TRAINOR HMS-kurs. Påmelding på kurset skjer til sonja.hammer@ntnu.no

Studenter har ikke full forsikringsdekning gjennom sitt forhold til NTNU. Dersom en student ønsker samme forsikringsdekning som tilsatte ved universitetet, anbefales det at han/hun tegner reiseforsikring og personskadeforsikring. Mer om forsikringsordninger for studenter finnes under samme lenke som ovenfor.

Oppstart og innleveringsfrist:

Oppstart og innleveringsfrist er i henhold til informasjon i DAIM.

Faglærer ved instituttet: Arvid Aakre

Veileder(eller kontaktperson) hos ekstern samarbeidspartner: Thomas Jenssen, Multiconsult

Institutt for bygg, anlegg og transport, NTNU

Dato: 09.06.2016,

Underskrift



Faglærer

9.2 Vedlegg 2: Video

Alle video-filer tilknyttet denne oppgaven er lastet opp til youtube-kanalen: <https://www.youtube.com/c/SebastianTorstenson>. De samme filen leveres veileder Arvid Aakre på minnepinne, sammen med selve masteroppgaven. Tittelen på video-filen og beskrivelsen gjelder for begge steder, og er på engelsk.

Vedleggsnr.:	Tittel:	Beskrivelse:
2.1	Main presentation (medium quality)	This is the main video presentation for my master thesis. It shows two different fictitious traffic scenarios and is intended as a demonstration of how this can give a more comprehensive view of future road projects. Due to hardware limitations, it has not been possible to obtain the desired level of detail. No editing other than a basic setup in Windows Movie Maker has been done. This video is meant as a demonstration on the main concepts of my master thesis.
2.2	Queue test (high detail)	A high detail scene showing an example queue situation and testing render times for Forest Pack Pro
2.3	Flyover-test (low detail)	A low detail scene testing 3ds Max handling and render times of 1125 animated cars (in model).
2.4	AIMSUN/Civil View simulation step test: 0,1 seconds	A basic setup for testing the Civil View "Surface Tracking Manger"
2.5	AIMSUN/Civil View simulation step test: 0.1 second (turning vehicles)	A basic setup for testing the Civil View "Surface Tracking Manger" for turning vehicles
2.6	AIMSUN/Civil View simulation step test: 0,5 seconds	A basic setup for testing the Civil View "Surface Tracking Manger"
2.7	AIMSUN/Civil View simulation step test: 0,5 second (turning vehicles)	A basic setup for testing the Civil View "Surface Tracking Manger" for turning vehicles
2.8	AIMSUN/Civil View simulation step test: 0,8 seconds	A basic setup for testing the Civil View "Surface Tracking Manger"
2.9	AIMSUN/Civil View simulation step test: 1 second	A basic setup for testing the Civil View "Surface Tracking Manger"
2.10	AIMSUN/Civil View simulation step test: 1 second (turning vehicles)	A basic setup for testing the Civil View "Surface Tracking Manger" for turning vehicles
2.11	Forest Pack Pro: wind animation test	Testing the possibility for wind animation with Forest Pack Pro. The only tools used is the Bend and Noise modifier.

9.3 Vedlegg 3: PassMark - CPU Mark

Oppsettet er generert ut via nettsiden passmark.com (passmark.com, 2016a).

	Intel Core i7-920 @ 2.67GHz	Intel Core i7-5820K @ 3.30GHz	Intel Xeon E5-2696 v3 @ 2.30GHz
Price	\$309.95 BUY NOW!	\$389.99 BUY NOW!	Search Online
Socket Type	LGA1366	LGA2011-v3	LGA2011-v3
CPU Class	Desktop	Desktop	Server
Clockspeed	2.7 GHz	3.3 GHz	2.3 GHz
Turbo Speed	Up to 2.9 GHz	Up to 3.6 GHz	Up to 3.6 GHz
# of Physical Cores	4 (2 logical cores per physical)	6 (2 logical cores per physical)	18 (2 logical cores per physical)
Max TDP	130W	140W	NA ²
First Seen on Chart	Q4 2008	Q2 2014	Q2 2015
# of Samples	3817	2048	13
Single Thread Rating	1162	2008	1837
CPU Mark	4995	12986	22422

Intel Core i7-975 @ 3.33GHz + Compare **Average CPU Mark**

Description: Socket: LGA1366
 Clockspeed: 3.3 GHz
 Turbo Speed: 3.6 GHz
 No of Cores: 4 (2 logical cores per physical)
 Max TDP: 130 W

6279

Other names: Intel(R) Core(TM) i7 CPU 975 @ 3.33GHz, Intel(R) Core(TM) CPU 975 @ 3.33GHz
 Single Thread Rating: 1463
 Cores(TM) CPU 975 @ 3.33GHz
 CPU First Seen on Charts: Q2 2009
 CPUmark/Price: 17.02 Overall Rank: 303
 Last Price Change: \$369 USD (2010-07-04)
 Samples: 214

9.4 Vedlegg 4: PassMark - G3D Mark

Oppsettet er generert ut via nettsiden passmark.com (passmark.com, 2016b).

	GeForce GTX 970	GeForce GTX 980	GeForce GTX TITAN Black
Price	\$289.99 BUY NOW!	\$399.99 BUY NOW!	\$1799.99 BUY NOW!
Bus Interface	PCIe 3.0 x16	PCIe 3.0 x16	PCIe 3.0 x16
GPU Class	Desktop	Desktop	Desktop
Core Clock	1050 MHz	1126 MHz	889 MHz
Memory Clock	1752.5 MHz	1752.5 MHz	1750 MHz
Maximum Memory Supported	4096 MB	4096 MB	6144 MB
DirectX	12.0	12.0	11.0
OpenGL	4.5	4.5	4.5
Max TDP	145W	165W	250W
First Seen on Chart	Q2 2014	Q2 2014	Q1 2014
# of Samples	18719	5240	247
G2D Rating	851	877	836
G3D Mark	8666	9756	8588

GeForce GTX 980 Ti + Compare **Average G3D Mark**

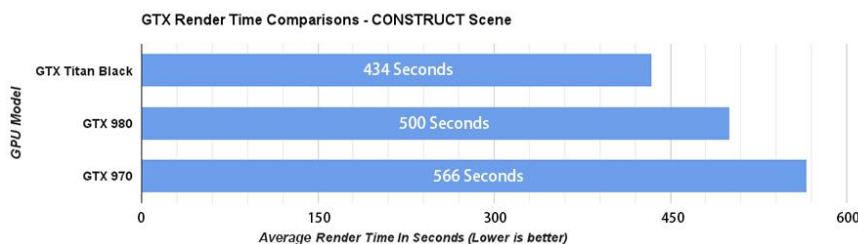
Description: Bus Interface: PCIe 3.0 x16, Max Memory Size: 6144 MB,
 Core Clock(s): 1076 MHz, Memory Clock(s): 1753 (7012) MHz,
 Graphics API Support: DirectX 12 OpenGL 4.5 Max TDP: 250 W
 Videocard Category: Desktop

11581

Other names: NVIDIA GeForce GTX 980 Ti
 Videocard First Benchmarked: 2015-06-02
 G3DMark/Price: 21.85 Overall Rank: 1
 Last Price Change: \$529.99 USD (2015-06-03)
 Samples: 4181

9.5 Vedlegg 5: GeForce GTX Rendering Benchmarks and Comparisons

Bildet/resultatet er hentet fra blog.boxxtech.com (Pizzini, 2014a).



9.6 Vedlegg 6: V-Ray adv. test (evermotion.org)

Resultatene er basert på innsendinger fra brukere ved nettstedet evermotion.org (evermotion.org, 2016).

1	Time	N. of Physical CPUs	CPU model	CPU speed	3DS MAX version	Vray version	Ram	Embreed
2	0h00m22s	2x	xeon e5-2696v3(18core/72th)	2.6 ghz	2016	03:30:04	16gb	-
3	0h00m27s	2x	xeon e5-2696v3(18core/72th)	2.6 ghz	2016	03:30:03	16gb	-
4	0h00m30s		xeon e5-2696v3(18core/72th)	2.6 ghz	2016	03:30:04	16gb	-
5	0h00m49s		i7 5960x(8 cores)			03:30:04		
6	0h01m06s	2x (48 threads)	xeon e5-2697v2(12 cores)	-	2015	03:20:02	128gb 1600Mhz	-
7	0h01m08s	2x (24 threads)	xeon e5-2630v2(12 cores)	2.6 ghz	2015	03:30:03		
8	0h01m10s	2x (64 threads)	xeon e5-2698v3(16 cores)	2.6 ghz	2015	03:20:03	32gb @2133mhz	-
9	0h01m12s		xeon e5-2696v3(18core/72th)	2.6 ghz	2016	03:20:00	16gb	-
10	0h01m15s	2x (48 threads)	xeon e5-2680v3(12 cores)	2.7 ghz	2015	03:20:03	128gb @2133mhz	-
11	0h01m16s	2x (56 threads)	xeon e5-2697v3(14 cores)	2.6 ghz	2015	03:10:01	64gb	-
12	0h01m16s	2x (48 threads)	xeon e5-2670v3(12 cores)	2.6 ghz	2014	03:20:02	16gb	-
13	0h01m16s	2x	xeon e5-2660v3	2.6 ghz	2016	03:20:00	16gb	-
14	0h01m17s		xeon e5-2696v3(18core/72th)	2.6 ghz	2016	03:30:04	16gb	-
15	0h01m23s	2x (40 threads)	xeon e5-2650v3(10 cores)	2.6 ghz	2015	03:20:02	64gb	-
16	0h01m48s	2x (32 threads)	xeon e5-2687v2 (8 cores)	4.0 ghz	2016	03:20:02	32gb	-
17	0h02m03s		i7 5960x(8 cores)			03:20:03		
18	0h02m08s	1x (12 threads)	i7 3930k(6 cores)	4.1 ghz	2013 design	03:20:03	32gb	on
19	0h02m18s	2x (32 threads)	xeon e5-2680v2(8 cores)	-	2015	03:00:07	64gb	-
20	0h02m23s		i7 5960x(8 cores)		2014,0	03:20:03		
21	0h02m26s	1x (12 threads)	i7 5820k(6 cores)	4.5 ghz	2014	03:20:03	32gb 2400mhz	-
22	0h02m29s	2x (32 threads)	xeon e5-2670v2(8 cores)	2.6 ghz	2014	03:20:00	64gb 1600mhz	-
23	0h02m29s		i7 5820k(6 cores)	4.5 ghz	2014,0	03:20:00		
24	0h02m30s	1x (12 threads)	i7 3930k(6 cores)	4.1 ghz	2013 design	03:20:03	32gb	off
25	0h02m48s	2x (24 threads)	xeon x5675	3.07	2015	03:20:00		on
26	0h02m48s		i7 6700	4.6 ghz	2015 design	03:20:00		on
27	0h02m55s	2x (24 threads)	xeon e5-2630v2(12 cores)	2.6 ghz	2015	03:10:03	64gb 1600mhz	-
28	0h02m58s		i7 5820k(6 cores)	3.3 ghz	2014,0	03:20:02		on
29	0h03m08s	1x (16 threads)	i7 5960x(8 cores)	3 ghz	2016	03:00:08	32gb 2100 Mhz	on
30	0h03m10s	1x (16 threads)	i7 5960x(8 cores)	3 ghz	2015	03:00:08	32gb 2100 Mhz	on
31	0h03m12s	2x (24 threads)	xeon x5650(12 cores)	2.6-2.9 ghz	2015	03:10:03	32gb	-
32	0h03m40s	1x (12 threads)	i7 5820k(6 cores)	4.0 ghz	2015	03:00:00	16gb ddr3 @ 2133 MHz	-
33	0h03m44s	1x (8 threads)	i7 4770k(4 cores)	3.50 ghz	2014	03:20:02	16gb 799 Mhz	-
34	0h03m47s	1x (12 threads)	i7 5930k(6 cores)	4.2 ghz	2015	03:00:07	16gb 2800 Mhz	-
35	0h03m50s	2x (24 threads)	xeon e5-2620v2(12 cores)	2.1 ghz	2014	03:20:03	32gb 1866mhz	on
36	0h03m56s	1x (12 threads)	i7 4930k(6 cores)	4.1 ghz	2015	03:20:03	32gb	on
37	0h03m58s	1x (12 threads)	i7 3930k(6 cores)	4.6 ghz	2014	03:20:03	32gb	-
38	0h03m58s	1x (12 threads)	i7 3930k(6 cores)	4.4 ghz	2014			on
39	0h03m8s	1x (12 threads)	e5-1650v3(6 cores)	3.5 ghz	2014	03:20:03	16gb	on
40	0h04m08s		xeon 1230v3					
41	0h04m13s	1x (8 threads)	i7 4790k(4 cores)	4.1 ghz	2015	03:00:00		-
42	0h04m16s	1x (12 threads)	i7 5820k(6 cores)	3.3 ghz	2015	03:00:00	16gb ddr3 @ 2133 MHz	-
43	0h04m16s	1x (4 threads)	AMD Phenom II X4 965(4 cores)	3.4 ghz	2011	03:30:04		on
44	0h04m18s	1x (8 threads)	i7 4770k(4 cores)	3.8 ghz	2014	03:20:00	16gb ddr3 @ 1333 MHz	-
45	0h04m31s	2x (24 threads)	xeon x5650 (6 cores)	2.6 ghz	-		12gb ddr3 @ 1333 MHz	-
46	0h04m37s		i7 6700	4.0 ghz	2014 design	03:00:00		on
47	0h04m45s	1x (8 threads)	i7 4720hq(4 cores)	3.6 ghz	2014 design	03:20:03	16gb	on
48	0h04m47s	1x (8 threads)	i7 4790k(4 cores)	4.5 ghz	2014 design	03:00:03	12gb 1600 Mhz	-
49	0h04m54s	1x (8 threads)	i7 4770k(4 cores)	4.4 ghz	2014 design	03:00:03	16gb	-
50	0h04m57.9s	1x (12 threads)	i7 980x(6 cores)	- ghz	2015	03:20:00	16gb@1600	on
51	0h04m59s	1x (8 threads)	i7 4790k(4 cores)	4.0 ghz	2014 design	03:00:00	16gb	on
52	0h05m01s		fx5950			03:20:00		
53	0h05m19s	2x (24 threads)	xeon e5-2620v2(12 cores)	2.1 ghz	2014 design	03:00:03	32gb ddr3 @ 1866 MHz	on
54	0h05m42s	1x (8 threads)	i5 4690k(4 cores)	4.50 ghz	2015	03:00:08	8gb @1600mhz	-
55	0h05m45s	1x (8 threads)	AMD FX-8350(4 cores)	4.7 ghz	2014	03:20:00	8gb	-
56	0h05m49s	1x (16 threads)	i7 5960x(8 cores)	3.0 ghz	2015 design	02:50:01	16gb	-
57	0h05m50s	1x (8 threads)	i7 4770k(4 cores)	3.4 ghz	2014	03:00:08	16gb 1600Mhz	-
58	0h05m57.6s	1x (8 threads)	i7 3820k(4 cores)	4.3 ghz	2016	03:20:03	16gb 2100Mhz	on
59	0h06m19s	1x (8 threads)	i7 3770(4 cores)	3.4 ghz	2014	03:02:00	8gb @1600Mhz	-
60	0h07m15s	1x (8 threads)	i7 2600(4 cores)	3.4 ghz	2015	03:02:00	16gb	-
61	0h07m51s	1x (8 threads)	i7 4700mq(4 cores)	- ghz	2014	03:00:00	24gb	-
62	0h08m6.3s	1x (8 threads)	AMD FX-8350(4 cores)	4.2 ghz	2014 design	03:00:03	8gb ddr3 @1600Mhz	on
63	0h09m2s	1x (8 threads)	i7 3770(4 cores)	2.4 ghz	-	03:00:08	16gb@1333Mhz	-
64	0h10m14s	1x (12 threads)	i5 760(6 cores)	4.2 ghz	2014 design	03:00:03	12 1333Mhzgb	on
65	0h10m38s	1x (6 threads)	AMD PhenomII 1055T(6 cores)	-	2014	03:00:08	8gb ddr3 @1866Mhz	-
66	0h10m48s	1x (8 threads)	i7 975 (4 cores)	3.4 ghz	2014 design	03:00:03	10gb	on
67	0h11m19s	1x (8 threads)	i7 980x (4 cores)	3.8 ghz	2014	02:50:01	12gb	on
68	0h14m24s	1x (6 threads)	AMD PhenomII 1055T(6 cores)	3.5ghz	2015	03:00:08	16gb ddr3 @1600Mhz	off
69	0h16m55s	1x (4 threads)	AMD Phenom 945 II Quad(4 cores)	-			4gb 1600mhz	-
70	0h24m12s	1x (4 threads)	AMD Phenom II X4 955(4 cores)	3.9Ghz	2014 design	03:00:00	8gb 800Mhz	-
71	0h6m39s	1x (6 threads)	AMD PhenomII 1090T(6 cores)	3.5ghz	2015	03:00:08	16gb ddr3 @1600Mhz	off

9.7 Vedlegg 7: Digitale vedlegg

9.7.1 Mailutveksling med Øyvind Lervik Nilsen, Rambøll

9.7.2 Mailutveksling med Steinar Vatne, Rambøll

9.7.3 Mailutveksling med Viktor Sköldstedt, Norconsult

9.7.4 Mailutveksling med Halvor Grønlund, Multiconsult

9.7.5 Mailutveksling med Anders Amundsen Welde, Multiconsult

9.7.6 Mailutveksling med Geir Trygve Jensen, Vianova

9.7.7 Mailutveksling med Børge Bang, Statens vegvesen