

Utvikling av lokale lastebilruter i Norge

Kjersti Synøve Heggum

Bygg- og miljøteknikk

Innlevert: juni 2014

Hovedveileder: Kelly Pitera, BAT

Medveileder: Edward McCormack, Statens vegvesen

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



Oppgavens tittel: Utvikling av lokale lastebilruter i Norge	Dato: 10. juni 2014 Antall sider (inkl. bilag): 174
	Masteroppgave <input checked="" type="checkbox"/> Prosjektoppgave <input type="checkbox"/>
Navn: Kjersti Synøve Bogen Heggum	
Faglærer/veileder: Kelly Pitera	
Eventuelle eksterne faglige kontakter/veiledere: Edward McCormack, Statens vegvesen	

Ekstrakt:

Det er sterk vekst i godstransport, og spesielt på veg. Godstrafikk utgjør nå om lag 12 % av den totale trafikken på veg i Norge, og det øker, i følge Vegdirektoratet. Omlag 70 % av alt gods og alle varer i Norge fraktes innenfor avstander på under 50 km. Det er derfor spesielt viktig å studere virkningene av godstransport i byområder. Dette er fordi det både er mye godstransport i byer, det er høy grad av interaksjon mellom tunge kjøretøy og andre trafikanter, samt begrensninger til infrastrukturen. I denne masteroppgaven er det derfor fokus på rådgivende lastebilruter som et tiltak for mer effektiv og trafikk sikker godstransport i byer.

Hovedmålet med denne masteroppgaven har vært å etablere en metodikk med programvaren ArcGIS for å presentere informasjon som kan brukes til å utvikle gjennomførbare, effektive og trygge lastebilruter basert på data og kriterier som er identifisert. I denne oppgaven skal det presenteres informasjon for å utvikle en lastebilrute for Trondheim by. Men denne metodikken skal også kunne benyttes for å lede utviklingen av lastebilruter i andre byer. Delmål har dermed vært å skaffe informasjon om hvilke kriterier som er viktige ved utvikling av en lastebilrute, og å fastsette nødvendige inndata/faktorer som kreves for å utvikle en effektiv lokal lastebilrute.

Programvaren ArcGIS, med modulen ArcMap, har blitt brukt til å utføre spørringer med de kvantifiserte faktorene. Dette ble gjort for å identifisere hvilke vegstrekninger som er optimale for bruk av lastebil, hvilke som er mindre bra og hvilke som er upassende for lastebiler å kjøre på. Deretter ble det utført analyser av vegstrekningene i Trondheim for å se hvilke vegstrekninger som egner seg til lastebilruter.

Resultatene viste at de fleste strekninger i Trondheim er egnet til å føre lastebiler på. Siden det var lite variasjon i resultatene, var det dermed ingen ruter som sto frem som beste alternativ å føre lastebilene på. I stedet var det mange strekninger med tilfredsstillende kvalitet som førte til samme destinasjon. ÅDT-registreringer bekrefter dette, og viser at tunge kjøretøy ofte kjører forskjellige ruter til samme destinasjon. Dette er noe som kan antas å gjelde for mange områder i andre storbyer i Norge også. Siden noen vegstrekninger er mer sårbare overfor godstrafikk enn andre, kan det være hensiktsmessig å innføre retningslinjer for godstransport, og dermed føre lastebilene på de mindre sårbare vegstrekningene.

Stikkord:

1. Godstransport i by
2. Lastebilrute
3. ArcMap
4. Bydistribusjon

Kjersti S.B. Heggum

Kjersti Synøve Bogen Heggum

FORORD

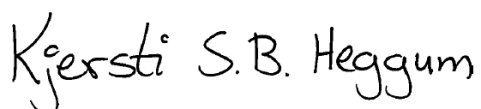
Denne masteroppgaven er utført i fordypningsemnet TBA 4940 Veg i løpet av vårsemesteret 5. årskurs på studiet Bygg- og miljøteknikk ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) våren 2014. Masteroppgaven er skrevet ved Institutt for bygg, anlegg og transport (BAT) og er utført i samarbeid med Statens vegvesen.

Tema for denne masteroppgaven har vært å se på hvordan man kan utvikle en lastebilrute for Trondheim ved bruk av programvaren ArcGIS og modulen ArcMap. Personlig har jeg også benyttet oppgaven som anledning til å lære mer om godstransport som er en viktig del av vår hverdag, men som det er lite fokus på.

Jeg vil rette en spesiell takk til min hovedveileder ved NTNU, førsteamanuensis Kelly Pitera, som har vært veldig hjelpsom med å finne en så interessant oppgave, og har gitt konstruktiv kritikk, råd og gode tilbakemeldinger underveis i arbeidet. Du har vært alt man kan ønske seg av en veileder.

Jeg vil også takke Jan Erik Kristiansen og Espen Sveen ved Vegdirektoratet kontor Trondheim. Dere har vært til god hjelp med å skaffe nødvendige data. En takk rettes også til professor Asbjørn Hovd og førsteamanuensis Trude Tørset, som har vært veldig behjelpelige når jeg har kommet innom kontoret.

Sist, men ikke minst, vil jeg takke Erik Woje som har bidratt med både gode råd og korrekturlesing. Du har vært en utrolig god støttespiller gjennom skriving av denne masteroppgaven.



Kjersti S. B. Heggum

Trondheim, 10. Juni 2014

SAMMENDRAG

Det er sterk vekst i godstransporter, og spesielt i vegsektoren. Godstrafikk utgjør nå om lag 12 % av den totale trafikken på veg i Norge, og det øker, i følge Vegdirektoratet. Omlag 70 % av alt gods og alle varer i Norge fraktes innenfor avstander på under 50 kilometer. Det er derfor spesielt viktig å studere virkningene av godstransport i byområder. Dette er fordi det både er mye godstransport i byer, det er høy grad av interaksjon mellom tunge kjøretøy og andre trafikanter, samt begrensninger til infrastrukturen. I denne masteroppgaven er det derfor fokus på rådgivende lastebilruter som et tiltak for mer effektiv og trafiksikker godstransport i byer.

Hovedmålet med denne masteroppgaven har vært å etablere en metodikk med programvaren ArcGIS for å presentere informasjon som kan brukes til å utvikle gjennomførbare, effektive og trygge lastebilruter for byområder, basert på data og kriterier som er identifisert. I denne oppgaven skal det presenteres informasjon for å utvikle en lastebilrute for Trondheim by. Men denne metodikken skal også kunne benyttes for å lede utviklingen av lastebilruter i andre byer. Delmål har dermed vært å skaffe informasjon om hvilke kriterier som er viktige ved utvikling av en lastebilrute, og å fastsette nødvendige inndata/faktorer som kreves for å utvikle en effektiv lokal lastebilrute.

Det har blitt identifisert hvilke faktorer som er nødvendige for å utvikle en effektiv lokal lastebilrute. Disse faktorene ble deretter kvantifisert for å kunne brukes ved utvikling av en lastebilrute. Faktorene som har blitt brukt i dette arbeidet var stigningsgrad, radius i kurver, høyderestriksjoner, kjøreforbud på grunn av gågater, vegbredder og antall kjørefelt. I tillegg ble bygninger kategorisert etter om de genererte lastebiltrafikk eller om de var sårbare ovenfor lastebiltrafikk.

Programvaren ArcGIS, med modulen ArcMap, har blitt brukt til å utføre spørringer med de kvantifiserte faktorene. Dette ble gjort for å identifisere hvilke vegstrekninger som er optimale for bruk av lastebil, hvilke som er mindre bra og hvilke som frarådes for lastebiler å kjøre på. Deretter ble det utført analyser av vegstrekningene i Trondheim for å se hvilke vegstrekninger som egner seg til lastebilruter.

Resultatene viste at de fleste strekninger i Trondheim er egnet til å føre lastebiler på. Siden det var lite variasjon i resultatene, var det dermed ingen ruter som sto frem som beste alternativ å føre lastebilene på. I stedet var det mange strekninger med tilfredsstillende kvalitet som førte til samme destinasjon. ÅDT-registreringer bekrefter dette, og viser at tunge kjøretøy ofte kjører forskjellige ruter til samme destinasjon. Dette er noe som kan antas å gjelde for mange områder i andre storbyer i Norge også. Siden noen vegstrekninger er mer sårbare overfor godstrafikk enn andre, kan det være hensiktsmessig å innføre retningslinjer for godstransport, og dermed føre lastebilene på de mindre sårbare vegstrekningene.

Gjennom arbeidet med å samle inn data for å utvikle effektive lastebilruter, ble det oppdaget at det var begrenset data tilgjengelig på flere områder. Noen data var ikke registrert i det hele tatt, mens andre ikke var i GIS-format og var svært arbeidskrevende å få tak i. Dette gjelder for eksempel data om vegbredde, vektrestriksjoner, kjøreforbud og hinder i vegen. Dette kan tyde på at arbeid med godstransport bør prioriteres høyere. For å kunne planlegge innen godstransport er det viktig med gode og tilstrekkelige data. Om flere data er tilgjengelig vil man kunne forbedre analysene, og dermed få mer nøyaktige resultater og indikasjoner på hvilke tiltak som bør implementeres.

Flere tiltak har blitt forsøkt implementert for å redusere problemer i forbindelse med godstransport i byer. Innføring av rådgivende lastebilruter har blitt nevnt i litteratur som eksempler på tiltak ved flere anledninger, men det har ikke blitt forsøkt implementert i Norge. Potensialet for dette tiltaket kan være stort, og det er et tiltak som kan gagne flere parter. Det kan brukes av alle, så lenge de nødvendige dataene er tilgjengelig. I Norge er disse dataene tilgjengelig via NVDB, slik at alle norske byer har muligheten til å utvikle slike lastebilruter. Denne oppgaven viser hvordan slike data kan brukes for å utvikle forslag til lastebilruter i Trondheim.

SUMMARY

There is a large growth in freight transportation, especially within the road sector. Freight traffic now accounts for about 12 % of the total traffic on roads in Norway, and it is increasing, according to The Norwegian Public Roads Administration. Approximately 70 % of all freight and all goods in Norway are shipped within distances of less than 50 kilometers. It is therefore particularly important to study the effects of freight transport in urban areas. This is because there is a lot of freight transport in cities and a high level of interaction between heavy vehicles and other road users. In addition to this, there are limitations of the infrastructure. In this thesis it is therefore focused on advisory truck routes as a means for more efficient and safe freight transport in cities.

The main objective of this thesis was to establish a methodology, which utilizes ArcGIS to present information that can be used to develop feasible, efficient, and safe truck routes in urban areas. This thesis presents information on how to develop a freight routing plan for the city of Trondheim that can be used in future research efforts. This methodology may also be used to guide the development of freight routing plans in other cities. Secondary objectives include obtaining information on the criteria that are important when developing a truck route, and determining necessary input data/factors required to develop an effective local-scale freight plan.

Factors that are necessary to develop an effective local truck route have been identified. These factors were then quantified for use in the development of a truck route. The factors used in this work were gradient, radius of curves, height restrictions, driving ban because of pedestrian streets, road widths and number of lanes. In addition, buildings were categorized according to whether they generated truck traffic or whether they were vulnerable to truck traffic.

The software ArcGIS, with the module ArcMap, has been used to query the quantified factors. This was done to identify which road sections that are optimal for the use of trucks, which road sections that are less optimal and which road sections that are inappropriate for trucks to drive on. Analysis of road sections in Trondheim were performed to see which road sections were suitable as components of a truck route.

The results showed that most road sections in Trondheim are suitable for trucks. Because of the small variations in the results, there were no routes that stood out as better than others. Instead there were many road sections of satisfactory quality that led to the same destination. AADT-counts confirm this, showing that heavy vehicles often take different routes to the same destination. This is something that can be assumed to apply to many areas in other large cities in Norway as well. Since some road sections are more vulnerable to freight traffic than others, it may be appropriate to introduce guidelines for freight transport, and thereby leading trucks on the less vulnerable road sections.

Through efforts to collect data to develop efficient truck routes, it was discovered that there were limitations to the data available. Some data was not registered at all, while other data was not readily available in GIS. This included data on road width, weight restrictions, driving bans and obstacles in the road. This suggests that freight transport should be given higher priority. In order to plan within freight transport, it is important to have good and sufficient data. If more data becomes available, the analysis can be improved and one can get more accurate results and indications on what measures should be implemented.

Several measures have been tried implemented to reduce problems associated with freight transport in cities in Norway. Implementation of advisory truck routes have been mentioned in literature as examples of measures on several occasions, but has not been attempted in Norway. The potential for this measure is big, and it is a measure that is likely to benefit multiple parties. As long as the required data is available, it can be used by anyone. In Norway, these data are available through NVDB, which gives all the Norwegian cities the ability to develop such truck routes. This thesis shows how such data can be used to develop suggestions for freight routing in Trondheim.

INNHOOLD

FORORD	I
SAMMENDRAG	III
INNHOOLD	VII
FIGURLISTE.....	X
TABELLISTE.....	XIV
KAPITTEL 1 – INNLEDNING	1
1.1 Bakgrunn for valg av oppgave.....	1
1.2 Formål med oppgave	10
1.3 Avgrensning av oppgave.....	10
1.4 Disposisjon av oppgave.....	13
KAPITTEL 2 – GODSTRANSPORT I TRONDHEIM	15
2.1. Varelevering i Trondheim.....	15
Områder	15
Ulike typer godsbiler.....	19
Ulike godstyper.....	21
2.2 Eksempel på eksisterende lastebilrute	23
KAPITTEL 3 – TEORI OG METODE.....	25
3.1 Metode for å innhente relevant litteratur om emnet	25
3.2 Innledning til bruk av ArcMap for å utføre analyser	26
3.2.1 Innhenting av nødvendige data for å utføre analyser i ArcMap	26
3.2.2 Bruk av funksjonen ”Query Builder” for å utføre analyser i ArcMap.....	27
3.3 Metode for å utføre analyser og fremskaffe resultater i ArcMap	28
3.3.1 Betydningen av fordeling av bygninger i forbindelse med en lastebilrute.....	29

3.3.2 Betydningen av stigningsgrad i forbindelse med en lastebilrute	32
3.3.3 Betydningen av kurveradier i forbindelse med en lastebilrute	42
3.3.4 Betydningen av vegbredde og dekkebredde for en lastebilrute	48
3.3.5 Betydningen av antall kjørefelt i forbindelse med en lastebilrute	53
3.3.6 Betydningen av høyderestriksjoner i forbindelse med en lastebilrute	54
3.3.7 Betydningen av gågater i forbindelse med en lastebilrute.....	56
3.3.8 Betydningen av vekt- og lengderestriksjoner i forbindelse med en lastebilrute.....	57
3.4 Metode for å finne ut årsdøgntrafikk (ÅDT) for tunge kjøretøy i Trondheim.....	58
3.5 Oppsummering	59
3.6 Vurdering av metoden.....	60
KAPITTEL 4 – RESULTATER	63
4.1 Oversikt over ulike typer bygninger.....	65
4.1.1 Næringsbygg	67
4.1.2 Boliger.....	67
4.1.3 Områder som er sårbare ovenfor godstrafikk	68
4.1.4 Gods- og postterminaler.....	68
4.1.5 Utvalgte konfliktområder	73
4.2 Oversikt over stigninger	81
4.2.1 Utvalgte konfliktområder	84
4.3 Oversikt over radier	92
4.3.1 Utvalgte konfliktområder	95
4.4 Oversikt over vegbredder	103
4.4.1 Utvalgte konfliktområder	107
4.5 Høydebegrensning.....	114
4.5.1 Utvalgte konfliktområder	114

4.6 Gågater	117
4.6.1 Utvalgte konfliktområder	117
4.7 Oppsummering av flere faktorer sammen	120
4.7.1 Utvalgte konfliktområder	120
4.8 ÅDT tunge kjøretøy i Trondheim	128
KAPITTEL 5 – DISKUSJON OG ANBEFALINGER	130
5.1 Stigning	130
5.2 Radius	134
5.3 Begrensninger i data	138
5.4 Viktige aspekter ved utvikling av en lastebilrute	141
KAPITTEL 6 – OPPSUMMERING OG KONKLUSJON	143
BIBLIOGRAFI	147
VEDLEGG A: Oppgavetekst	153
VEDLEGG B: Dimensjoneringsklasser veg - standardkrav	158

FIGURLISTE

Figur 1: Utvikling i de totale varestrømmer i millioner tonn, dvs. summen av innenriks-, import og eksportstrømmer, eksklusive råolje og naturgass.	3
Figur 2: Mål og tiltak for varetransport i by.	5
Figur 3: Kjørbare gater i Midtbyen, enveisregulering og svingeforbud (rødt).	9
Figur 4: Studieområdet i denne masteroppgaven; Trondheim.	11
Figur 5: Godstransportskapende (blå) arbeidsplasser.	17
Figur 6: Kart over Midtbyen som viser eksisterende og planlagte laste- og lossesoner	17
Figur 7: Oversikt godsstrømmer inn/ut av Trondheim (døgntall).....	19
Figur 8: Dimensjonerende kjøretøy.	21
Figur 9: Illustrasjon på en spørring i ArcMap	28
Figur 10: Hastighet og stigning.....	34
Figur 11: Ulykkesfrekvens og stigning.....	35
Figur 12: Stigningers innvirkning på ulykkesfrekvens.....	35
Figur 13: Effekten av stigninger og fall på drivstofforbruk.	37
Figur 14: EU utslippskrav for tunge kjøretøy med dieselmotor.	38
Figur 15: NO _x -utslipp som funksjon av kjørehastighet og EURO-klasse.....	39
Figur 16: Spøringskurve for lastebil som dimensjonerende kjøretøy.	44
Figur 17: Kjøremåte A.	45
Figur 18: Kjøremåte B.	46
Figur 19: Kjøremåte C.	46
Figur 20: Rosa strekninger viser ÅDT for tunge kjøretøy lik 100 eller mer i Trondheim	59
Figur 21: Kart over Trondheim/studieområdet.	64

Figur 22: Oversikt over type bygninger i Trondheim.	66
Figur 23: Områder hvor det er næringsvirksomhet i Trondheim.....	69
Figur 24: Boliger i Trondheim	70
Figur 25: Områder som er sårbare ovenfor godstrafikk i Trondheim.....	71
Figur 26: Gods- og postterminaler i Trondheim	72
Figur 27: Ulike bygningstyper på Ila	75
Figur 28: Ulike bygningstyper på Solsiden/Møllenberg/Rosenborg	76
Figur 29: Ulike bygningstyper på Lademoen	77
Figur 30: Ulike bygningstyper på Heggstadmoen.....	78
Figur 31: Ulike bygningstyper på Valentinlyst	79
Figur 32: Ulike bygningstyper i Midtbyen	80
Figur 33: Alle stigninger i Trondheim.....	82
Figur 34: Kritiske stigninger i Trondheim	83
Figur 35: Ulike stigningsgrader og bygninger på Ila	86
Figur 36: Ulike stigningsgrader og bygninger på Solsiden/Møllenberg/Rosenborg	87
Figur 37: Ulike stigningsgrader og bygninger på Lademoen	88
Figur 38: Ulike stigningsgrader og bygninger på Heggstadmoen	89
Figur 39: Ulike stigningsgrader og bygninger på Valentinlyst	90
Figur 40: Ulike stigningsgrader og bygninger i Midtbyen	91
Figur 41: Oversikt over radier til kurver i Trondheim.....	93
Figur 42: Oversikt over kritiske radier i Trondheim	94
Figur 43: Oversikt over radier til kurver på Ila	97
Figur 44: Oversikt over radier til kurver på Solsiden/Møllenberg/Rosenborg	98
Figur 45: Oversikt over radier til kurver på Lademoen	99

Figur 46: Oversikt over radier til kurver på Heggstadmoen	100
Figur 47: Oversikt over radier til kurver på Valentinlyst	101
Figur 48: Oversikt over radier til kurver i Midtbyen.....	102
Figur 49: Tilfredsstillende og ikke tilfredsstillende vegbredder i Trondheim	104
Figur 50: Antall kjørefelt i Trondheim.....	106
Figur 51: Antall kjørefelt på Ila	108
Figur 52: Antall kjørefelt på Solsiden/Møllenberg/Rosenborg.....	109
Figur 53: Antall kjørefelt på Lademoen	110
Figur 54: Antall kjørefelt på Heggstadmoen	111
Figur 55: Antall kjørefelt på Valentinlyst	112
Figur 56: Antall kjørefelt i Midtbyen.....	113
Figur 57: Høydebegrensninger i Trondheim.....	115
Figur 58: Høydebegrensninger på Ila	116
Figur 59: Gågater i Trondheim	118
Figur 60: Gågater i Midtbyen	119
Figur 61: Radier, antall kjørefelt og høydebegrensninger på Ila	122
Figur 62: Radier og antall kjørefelt på Solsiden/Møllenberg/Rosenborg	123
Figur 63: Radier og antall kjørefelt på Lademoen.....	124
Figur 64: Radier og antall kjørefelt på Heggstadmoen.....	125
Figur 65: Radier og antall kjørefelt på Valentinlyst	126
Figur 66: Radier, antall kjørefelt og gågater i Midtbyen	127
Figur 67: Rosa strekninger viser hvor ÅDT for tunge kjøretøy er 100 eller mer	128
Figur 68: Rosa strekninger viser hvor ÅDT for tunge kjøretøy er 100 eller mer på Heggstadmoen.....	129

Figur 69: Stigninger på Møllenberg og Rosenberg	132
Figur 70: Rosa strekninger viser ÅDT for tunge kjøretøy lik 100 eller mer på Solsiden/Møllenberg/Rosenborg	133
Figur 71: Kjøremåte C for lastebil i sving hvor kjøretøyet må ”stjele” plass av andre kjørefelt.....	135
Figur 72: Rosa strekninger representerer ÅDT større enn 100 for tunge kjøretøy. Rød ring representerer tunnel med høyderestriksjon.....	137
Figur 73: Gamle Bybro fra Midtbyen til Bakklandet.....	140

TABELLISTE

Tabell 1: Utvikling i transportmiddelfordelte varestrømmer i alt. Millioner tonn i 2006 og årlige vekstrater i prosent. Eksklusive råolje og naturgass.	2
Tabell 2: Utvikling i bestanden av godsbiler etter biltype, 1973-2003.	7
Tabell 3: Trafikk fra terminalene til Midtbyen, data fra transportørintervju.....	18
Tabell 4: Fordeling varetype på lange transporter, og på Brattøra.	22
Tabell 5: Effekter av innføring egne ruter for godstransporten i Bremen, Tyskland.	23
Tabell 6: Antall dødsulykker i 2012 hvor stor vektforskjell mellom involverte kjøretøy har bidratt til skadeomfanget	30
Tabell 7: Klassifisering av bygninger	32
Tabell 8: Fargekoder for ulike grader av stigning	42
Tabell 9: Fargekoder for krav til radier	48
Tabell 10: Vegbredder og kjørebanebredder i gater.	50
Tabell 11: Fargekoder for krav til dekkebredde/vegbredde	52
Tabell 12: Fargekoder for antall kjørefelt	54
Tabell 13: Krav til høyder ved prosjektering	55
Tabell 14: Fargekoder for høydebegrensninger.....	56
Tabell 15: Fargekoder for gågater	57

KAPITTEL 1 – INNLEDNING

Effektiv godstransport er viktig for økonomisk utvikling og vekst innen handel. Et funksjonelt og effektivt transportsystem er en forutsetning for verdiskaping, høy sysselsetting og et konkurransedyktig næringsliv. For å oppnå et funksjonelt og effektivt transportsystem kan en løsning være å innføre rådgivende lastebilruter som kan styre godstrafikk i byer. I denne masteroppgaven vil det utvikles en metode for å identifisere hvilke vegger som er best egnet for lastebiltrafikk, slik at en slik rute kan lages.

1.1 Bakgrunn for valg av oppgave

Allen, Thorne et al. (2007) skriver i Best Urban Freight Solutions – BESTUFS, at frem til midten av 1990-tallet hadde forskere og politikere svært lite fokus på de økende problemene i forhold til godstransport i byer, i forhold til fokuset på passasjertransport. De siste årene har dette bedret seg, og nå er det en økende interesse for bylogistikk. Dette har ført til at flere byer i Europa blant annet har startet opp prosjekter for å finne ut hva utfordringene ved varedistribusjon i by er, og eventuelle løsninger på dette. Dette er definitivt et steg i riktig retning, men det bør settes enda større fokus på dette, ettersom vårt moderne samfunn er mer og mer avhengig av en tilfredsstillende og bærekraftig bydistribusjon.

Det er sterk vekst i godstransporter generelt, og spesielt i vegsektoren. I Norge utgjør godstrafikken nå om lag 12 % av den totale trafikken på vegene. Økonomisk vekst bidrar til økt forbruk av varer og etterspørsel etter nye produkter. Videre bidrar sentralisering av produksjon og reduserte tollbarrierer til at produktene fraktes over lengre avstander (Vegdirektoratet 2005). I følge SSB fortsetter befolkningsveksten i storbyene. Kombinasjonen av økt befolkningsvekst og økt godstrafikk i byer kan bety mer kø, mer utslipp og større risiko for ulykker.

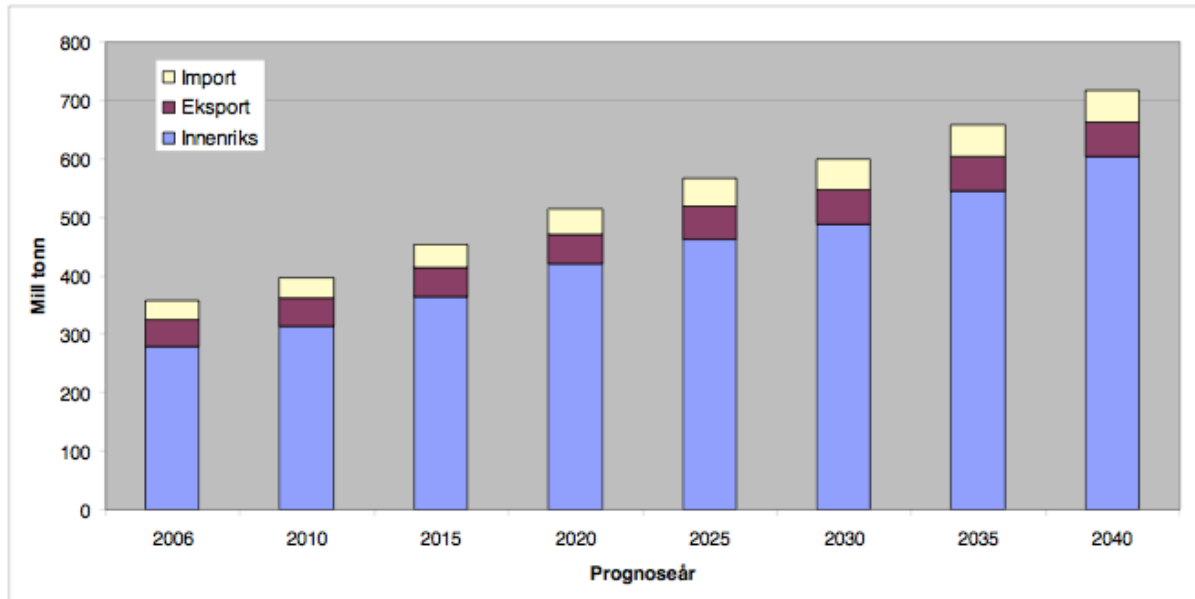
For perioden 2006 til 2040 er det beregnet en gjennomsnittlig årlig vekst i godsstrømmer på 1,9 %. Godsstrømmene er summen av innenriks, import, eksport og

transitt av svensk malm, eksklusive råolje og naturgass. Ettersom fokuset i denne masteroppgaven er på transport på veg og i by, vil ikke transport av råolje og naturgass ha noen innvirkning og disse tallene vil dermed være representative (Hovi and Madslie 2008). For godstransport med lastebil, som er det dominerende transportmiddel knyttet til godstrafikk, er det beregnet en gjennomsnittlig årlig vekst i godsstrømmer på 2,1 %, som er transportmiddelet med høyest forventet vekst knyttet til transport. Tabell 1 illustrerer hvordan prognoser for utviklingen i varestrømmer, fordelt på transportmiddel, vil være frem til år 2040. Man ser at det i 2006 var 345,6 millioner tonn gods som ble fraktet med lastebil. De neste kolonnene viser prognoser for årlige vekstrater i prosent (Hovi and Madslie 2008).

Tabell 1: Utvikling i transportmiddelfordelte varestrømmer i alt. Millioner tonn i 2006 og årlige vekstrater i prosent. Eksklusive råolje og naturgass. (Hovi and Madslie 2008)

	2006	2006-2010	2010-2014	2014-2020	2020-2030	2030-2040	2006-2040
Lastebil	345,6	2,7 %	2,9 %	2,7 %	2,0 %	1,2 %	2,1 %
Skip	90,8	0,6 %	1,4 %	1,2 %	1,5 %	1,2 %	1,2 %
Jernbane	29,1	1,2 %	1,6 %	1,5 %	1,8 %	1,6 %	1,6 %
I alt	465,6	2,2 %	2,5 %	2,3 %	1,9 %	1,2 %	1,9 %

Figur 1 viser prognoser for hvordan de totale varestrømmene øker fra ca. 350 millioner tonn i 2006 til ca. 740 millioner tonn i 2040, dvs. en økning med mer enn 100 % i prognoseperioden. Dette er ifølge Hovi og Madslie (2008) en høyere forventet vekst enn befolkningsprognosen.



Figur 1: Utvikling i de totale varestrømmer i millioner tonn, dvs. summen av innenriks-, import og eksportstrømmer, eksklusive råolje og naturgass. (Hovi and Madslie 2008)

På grunn av denne sterke økningen i godstransport, er det viktig å utvikle en bedre forståelse av godstransportens rolle og påvirkning i transportsystemet. En bedre forståelse av viktigheten ved godstransport kan bidra til å redusere de negative virkningene godstransport har på samfunnet. For selv om transport er en grunnleggende forutsetning i ethvert moderne samfunn, fører den også med seg enkelte negative konsekvenser i form av kødannelse, ulykker og miljøbelastning som luftforurensning og støyplager (SSB 2009). Godstransport preges av mange korte turer i byer, tettsteder og lokalsamfunn. I følge TEMPO (2014) fraktes omlag 70 % av alt gods og alle varer i Norge innenfor avstander på under 50 kilometer. Det er derfor spesielt viktig å studere virkningene av godstransport i byområder, ettersom det både er mye godstransport i byer og høy grad av interaksjon mellom tunge kjøretøy og andre trafikanter. I tillegg til dette er det begrensninger til infrastrukturen. Siden det er mye kontakt mellom lastebiler og mennesker i byer vil det også være større negativ påvirkning knyttet til støy- og luftforurensning. Det foregår mye direktelevering med vogntog og semihengere for å spare distribusjonskostnader, også i Trondheim sentrum. Når biler med en lengde på rundt 18 meter skal distribuere varer i et byområde blir det lett trengsel og det går ut over miljøet (Øvstedal 2008).

Rødseth, Nicolaisen et al. (2002) gjennomførte intervjuer med transportører og butikkeiere i Midtbyen i Trondheim og identifiserte følgende problemer i forbindelse med varelevering:

- Lav kapasitetsutnyttelse
- Lav framkommelighet, lav kjørehastighet, rushtidsproblemer
- Ventetid for parkering og lossing, manglende (kapasitet på) parkering og losse/lastesoner
- Vanskelige atkomstforhold fra lossesone til varemottak/butikk

Konklusjonene etter intervjuene viste at transportører og butikkeiere i Midtbyen vil ha (Rødseth, Nicolaisen et al. 2002):

- Redusert gjennomgangstrafikk i Midtbyen
- Redusert miljøforurensing i Midtbyen
- Bedre framkommelighet for kollektivtrafikk og varelevering
- Fysisk tilrettelegging for mer effektiv varetransport og varemottak
- Reduserte distribusjonskostnader for næringslivet

Øvstedal (2008) konkluderer med det samme, og skriver at aktørene mener det er behov for et hovedveinett, bedre samordning for å bedre retningsbalansen og utnyttingsgraden av bilmateriellet, og forbedring av distribusjon i byen.

Dette er problemer og målsetninger som gjelder spesifikt for Trondheim, men flere av disse punktene også er aktuelle for andre byer. Det europeiske forskningsprosjektet BESTUFS (Best Urban Freight Solutions) har for resten av Europa, og Norge oppsummert generelle mål og tiltak ved godstransport i by. Tiltakene deles inn etter hvilke mål de skal bidra til å nå (Allen, Thorne et al. 2007). Dette illustreres i Figur 2 som er hentet fra Øvstedal (2008).

Mål	Tiltak
Redusere kjøretøy km	Telematikk for varetransport i by Skilting Tungbilruter Forenkling og harmonisering av vektgrenser, størrelse og anleggsreguleringer Informasjon og kart Samlastingsterminaler
Redusere miljøvirkninger og ulykker	Standardisere reguleringer av vekt, størrelse og utslipp Tidsregulering for lasting og lossing Tillate nattlevering Miljøsoner Tungbilruter Infrastrukturforbedringer Oppmuntre til miljøvennlige kjøretøy Håndheving, overvåking
Mer effektiv lasting/lossing	Tilrettelegge lasteramper i gategrunn Felles lasteareal for nærliggende områder Samlastingsterminaler

Figur 2: Mål og tiltak for varetransport i by. (Allen, Thorne et al. 2007, Øvstedal 2008)

Flere av tiltakene som er nevnt i dette avsnittet er forsøkt innført i Norge, og i Trondheim. Tiltaket som innebærer å innføre tungbilruter, eller lastebilruter, har vært nevnt i litteratur opp til flere ganger (Rødseth, Nicolaisen et al. 2002, Larsen and Andersen 2004, Allen, Thorne et al. 2007, Øvstedal 2008), men tiltaket har aldri blitt satt til verks.

I Nasjonal transportplan 2014-2023 (Samferdselsdepartementet 2013) står det skrevet at *hovedmålene for transportpolitikken peker fremover mot en ønsket tilstand for transportsektoren, uten å være tid- eller tallfestet, og er som følger:*

- *Bedre framkommelighet og reduserte avstandskostnader for å styrke konkurransekraften i næringslivet, og for å bidra til å opprettholde hovedtrekkene i bosettingsmønsteret.*
- *En visjon om at det ikke skal forekomme ulykker med drepte eller hardt skadde i transportsektoren.*
- *Begrense klimagassutslipp, redusere miljøskadelige virkninger av transport, samt bidra til å oppfylle nasjonale mål og Norges internasjonale forpliktelser på helse- og miljøområdet.*
- *Et transportsystem som er universelt utformet*

Disse målene kan ikke nås uten å rette fokus mot godstransport. Regjeringen vil legge til rette for en mer effektiv godstransport for å nå disse målene. Dette skal gjøres ved å utvikle det enkelte transportmiddelets fortrinn og styrke samspillet mellom dem, slik at næringslivets transportkostnader reduseres. Regjeringen vil blant annet styrke fremkommeligheten for godstransport på veg gjennom å forbedre standarden på eksisterende vegnett og bygge ut vegkapasiteten (Samferdselsdepartementet 2013). En måte dette kan gjøres på er å innføre lastebilruter. Et eksempel er Bremen, Tyskland, hvor det ble innført anbefalte ruter for godstransport, såkalte lastebilruter. Det er veger som er egnet for tunge kjøretøy som transporterer gods (VMZ Bremen 2014). Om man utvikler en slik lastebilrute kan den være av nytte i forhold til å forbedre standard på vegene ved at den vil identifisere de vegene eller rutene som er av tilfredsstillende standard (og ikke tilfredsstillende standard), slik at man kan styrke fremkommelighet for godsbilene. Ved videre arbeid for å nå målene i NTP vil regjeringen legge til rette for utvikling av knutepunkt gjennom økt kapasitet og effektivitet i terminalleddet og bedre vegtilknytning til terminaler og havner. Ved utvikling av lastebilruter vil det sikres en god vegtilknytning til terminaler, havner og mottakere rundt omkring i byen.

I følge *Nasjonal transportplan 2014-2023* har rushtidsforsinkelsene i byene økt siden 2000. Det hevdes at kapasitetsproblemene i byområdene kan virke dempende på økonomisk vekst og utvikling, og at godstransportene i byene må bli mer effektive for å skape funksjonelle og miljøvennlige byregioner (Samferdselsdepartementet 2013). Et

av tiltakene for dette kan være å tilby lastebilruter slik at fremkommeligheten for godsbilene økes.

Opplysningsrådet for Veitrafikken (OFV) gir årlig ut statistikk som viser bestand, registrering og mer, av motorkjøretøy. Tabell 2 viser utviklingen i bestanden av ulike typer godsbiler. Statistikken inkluderer kun ordinære lastebiler, mens spesialkjøretøyer m.m. er definert som "andre". Man ser av denne tabellen at antallet biler i de tre hovedkategoriene har økt betydelig både i 30-årsperioden og de ti siste årene (Larsen and Andersen 2004).

Tabell 2: Utvikling i bestanden av godsbiler etter biltype, 1973-2003. (Larsen and Andersen 2004)

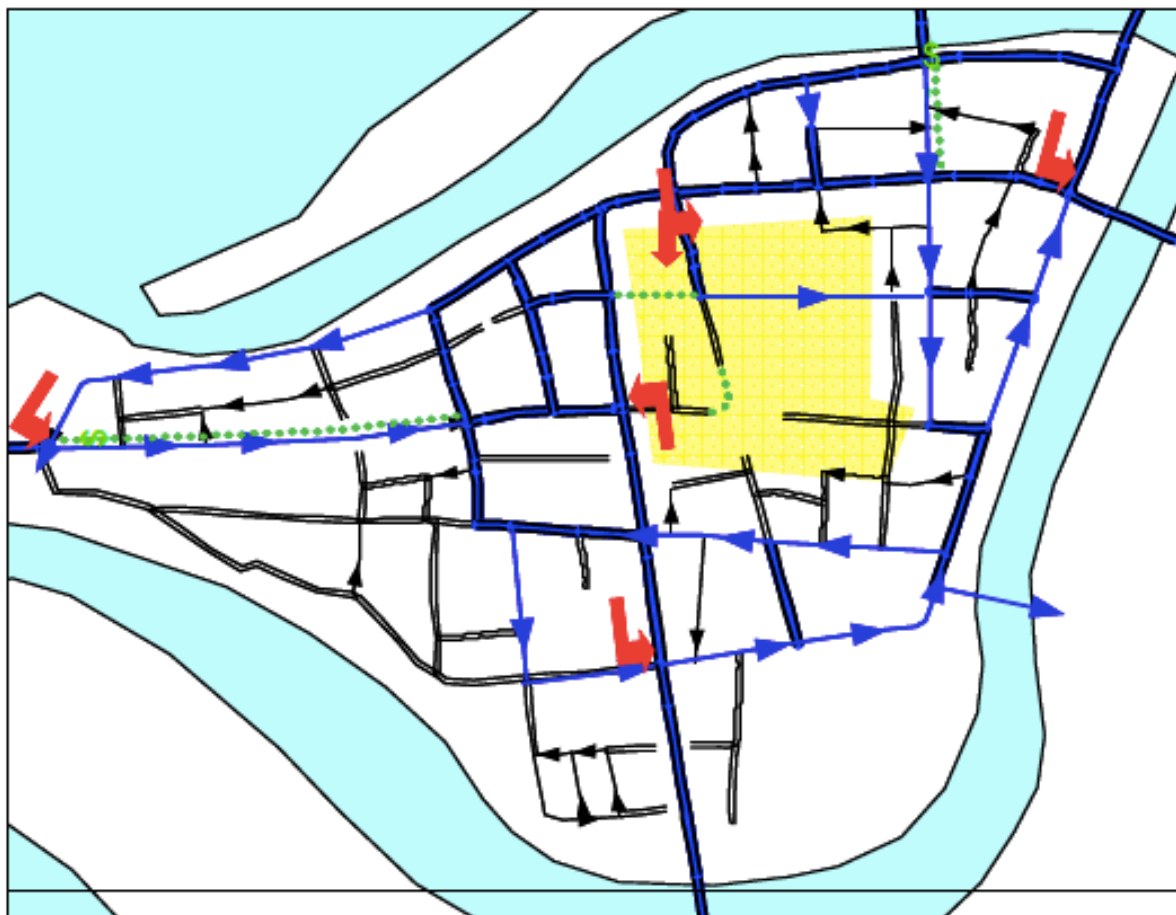
	1973	1983	1993	2003
Varebiler	97 514	90 832	169 981	268 485
Kombinerte biler	6 415	18 516	84 720	90 600
Lastebiler (vanlige)	52 813	61 976	62 645	73 239
Andre	6 241	8 110	6 042	5 590
Totalt antall godsbiler	162 983	179 434	323 388	437 914

Beregninger utført av Larsen og Andersen (2004) for perioden 1993-1999, viser at det totale antall turer med tunge godsbiler i 16 utvalgte norske byer økte med 5 %, mens den korresponderende lastevekten økte med 36 %. Selv om en del av økningen kan skyldes økt godsmengde generelt, og ikke mer effektive transporter, er det sannsynlig at det også i perioden har blitt konsolidert betydelige mengder gods. Videre viste beregningene at tungbilandelen har økt for de store byene Bergen, Trondheim og Stavanger, mens den har blitt redusert i mindre byer.

Ettersom tungbilandelen har økt i de store byene, er potensialet for effektiviseringsgevinster spesielt stort der. Når man skal vurdere enkelttiltak og tiltakspakker for byene, er det viktig at man vurderer individuelt for hver enkelt by. Larsen og Andersen (2004) skriver at det i eksempelvis Bergen kommune ble vist at bruk av lastesoneskilt fungerte bra i Bergen, mens man i Oslo gikk vekk fra bruken av slik skilting fordi det førte til for mange feilparkerte biler.

I rapporten *Godstransport i byområder – Nøkkeltall, trender og tiltak* av Larsen og Andersen (2004) ble et spørreskjema sendt ut til administrasjonen i 14 byer i Norge for å samle representative data om godstransport i Norge til sammenligning mot europeiske data. De registrerte blant annet at 70 % av de største norske byene rapporterer at antall konflikter mellom vareleveranser og annen trafikk har økt de siste årene. De skriver at i Trondheim er det spesielt konflikter med annen trafikk som er fremtredende, hvor konflikter med kollektivtransport er inkludert. Ved å innføre lastebilruter kan man redusere antall konflikter mellom vareleveranser og annen trafikk ved å anbefale veger som i mindre grad fører til slike konflikter.

I Trondheim er det vanskelig for tungtransportene å komme til på leveringsstedene, og det er mange enveiskjorte gater som også forverrer tilgjengeligheten. Gatenettet i Midtbyen illustreres i Figur 3, og viser noen av problemområdene for godstransport. De sentrale fotgjengerstrøkene rundt Torget, Nordre gate og Thomas Angells gate er i stor grad skjermet for biltrafikk. Innfartsårene og gatene rundt fotgjengerstrøket danner hovednettet for biltrafikken. Kjøremønsteret er lite oversiktlig og vanskelig lesbart på grunn av enveisreguleringer og restriksjoner på svingebevegelser i kryss. Spesielt er det problematisk at trafikk som går sørover i Prinsens gate ikke har mulighet til å svinge til venstre skriver Byplankontoret (2006). Dersom det er lastebilruter tilgjengelig, som fører tunge kjøretøy på de "riktige" vegene kan dette gjøre varelevering i Midtbyen lettere. Dette kan føre til at de sparer tid og drivstoff ved at de slipper å lete etter veger og ta omveger for å komme frem til deres destinasjon.



Figur 3: Kjørbare gater i Midtbyen, enveisregulering og svingeforbud (rødt). (Byplankontoret 2006)

Resultatene fra spørreskjemaet som Larsen og Andersen (2004) delte ut, viste at bare 7 % av norske byer har utarbeidet egne planer for regulering av godstransport i byen, mot 42 % av byene i en europeisk undersøkelse. At det i utenlandske byer satses mer enn i norske byer som er mindre i størrelse virker rimelig, men at konfliktnivået øker, som nevnt ovenfor, selv om transportene effektiviseres, er et tegn på at nye tiltak bør vurderes i norske byer. Litteratur (Larsen and Andersen 2004, Øvstedal 2008) forteller at det er utprøvd få eller ingen "Gods i by"-prosjekter av større omfang. Undersøkelser gjort av Larsen og Andersen (2004) viser at i norske byer er det først og fremst bruk av lastesoner, tidsluker og parkeringsreguleringer som er benyttet for å tilrettelegge for godstransport. Det kan være at tiden nå er inne for å implementere lastebilruter som et tiltak.

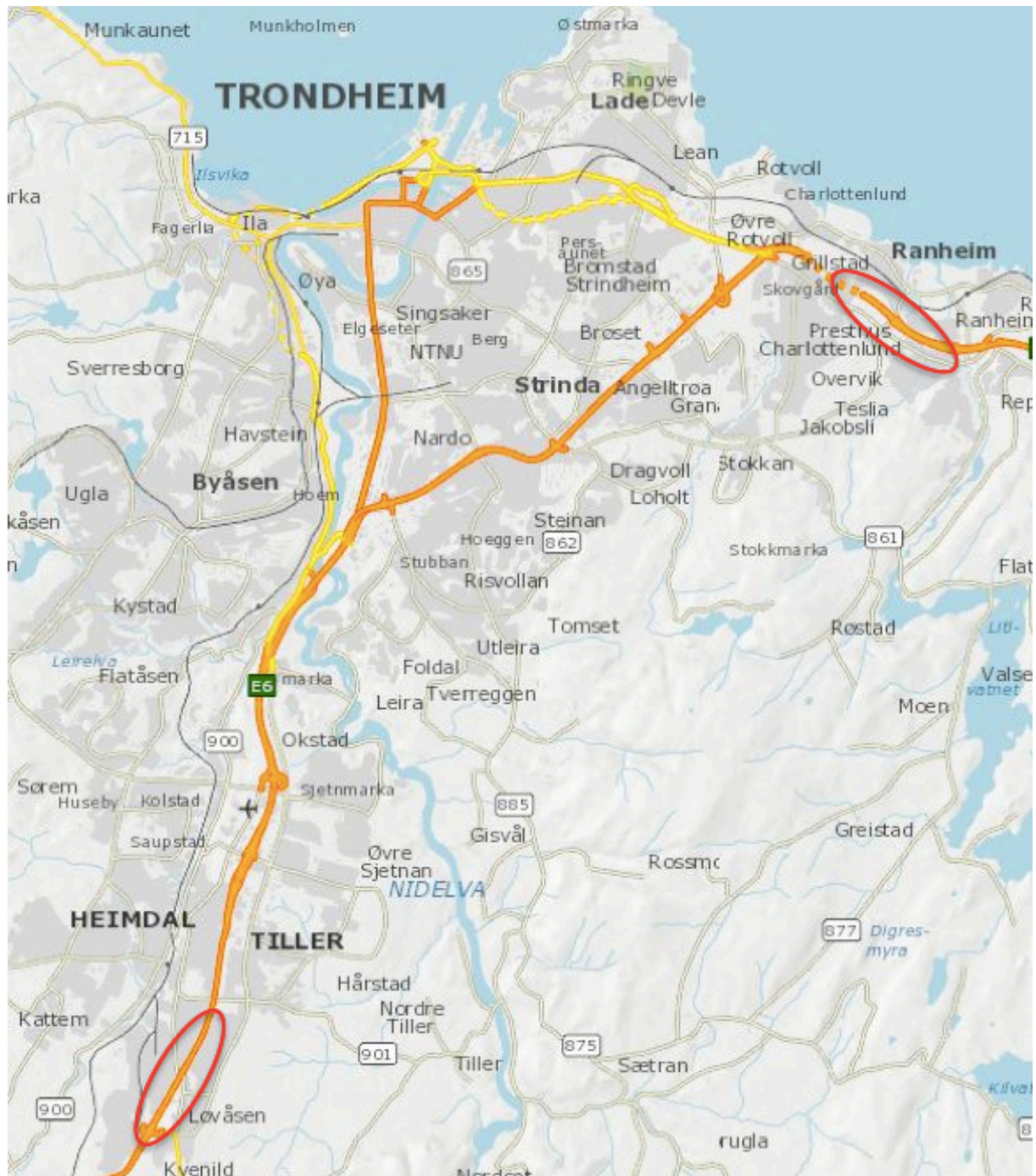
1.2 Formål med oppgave

Målet med denne masteroppgaven er å presentere informasjon som kan brukes til å utvikle en lastebilrute for Trondheim by, som kan brukes i fremtidig forskningsinnsats. Delmål har dermed vært å skaffe informasjon om hvilke kriterier som er viktige ved utvikling av en lastebilrute, og å fastsette nødvendige inndata/faktorer som kreves for å utvikle en effektiv lokal lastebilrute.

Ut ifra dette skal det etableres en metodikk som benytter programvaren ArcGIS for å presentere informasjon som kan brukes til å utvikle gjennomførbare, effektive og trygge lastebilruter basert på data og kriterier som er identifisert. Dette vil omfatte både kvantitativ vurdering og etablering av beste praksis. Denne metodikken skal også kunne benyttes for å lede utviklingen av lastebilruter i andre byer.

1.3 Avgrensning av oppgave

Området som skal studeres i denne masteroppgaven vises i Figur 4 og ligger innenfor Trondheim kommune. Som figuren viser er dette området avgrenset av Kvenild i sør, Lade i nord, Ranheim i øst og Byåsen i vest. E6 er hovedinnsfartsårene til Trondheim, og vises ved de røde ellipsene. Mesteparten av godset kommer inn fra sør ved Heimdal, og mye gods kommer nordfra via Ranheim.



Figur 4: Studieområdet i denne masteroppgaven; Trondheim. (Statens vegvesen 2014)

I masteroppgaven vil det bli sett på Trondheim fra dagen situasjon og 20 år frem i tid. Igangsatte og planlagte byggeprosjekter vil ikke bli tatt hensyn til i denne 20-års planen siden det blir vanskelig å forutse mange av endringene i trafikkstrømmer prosjektene vil føre til. Det er blant annet planlagt en ny godsterminal som skal erstatte terminalen på Brattøra. I april 2014 ble det bestemt at den skal plasseres sør

for Trondheim, men det er ikke bestemt om den skal ligge på Sjøberg i Melhus eller Torgård på Heimdal. Etersom det ikke er bestemt nøyaktig plassering av denne terminalen, er det vanskelig å ta med denne i planleggingen og utviklingen av lastebilrutene. Dagens post- og pakketerminal på Sluppen og tre av Bring sine terminaler på Brattøra skal også flyttes slik at det blir et samlet post- og logistikk-senter sør for Trondheim sentrum. Det er planlagt å stå ferdig i 2016. Dette vil føre til endringer i trafikken, men dette blir også vanskelig å ta med i planen ettersom det er noen år frem i tid og det ikke finnes tall for endringene i trafikkstrømmene. Det foregår fortsatt byggearbeider ved prosjektet Rv.706 Sluppen-Stavne hvor det skal være oppgradering av Osloveien, ny Sluppen bru og ombygging av Sluppenkrysset. Prosjektet E6 Trondheim-Stjørdal er også fortsatt i byggefasen, og 24. Juni 2014 åpnes den nye Strindheimtunnelen for trafikk. Den vil fjerne mye trafikk fra Innherredsveien som i dag er hovedinnsfartsåre (E6) fra øst mot Trondheim sentrum, så dette vil føre til store endringer i trafikkmønsteret.

Det vil være fokus på hvordan vegens geometri påvirker tunge kjøretøy som kjører, i denne oppgaven. Det vil blant annet bli sett på hvordan geometrien påvirker sikkerhet, fremkommelighet, miljø og kapasitet. Det vil bli diskutert hvordan utslipp påvirkes av geometri, men det vil ikke bli gjort beregninger i forhold til utslipp i oppgaven.

Statens vegvesens håndbøker har fått nytt nummereringssystem fra 1. juni 2014, men vil bli referert til etter gamle nummer i denne oppgaven ettersom den ble skrevet i perioden før 1. Juni.

1.4 Disposisjon av oppgave

Oppgaven er delt inn i 6 kapitler hvor det kort vil bli beskrevet nedenfor hva som inngår i hvert Kapittel.

Kapittel 1: Innledning

Her vil bakgrunn for valg av oppgave komme frem, formålet med oppgaven og hvilke avgrensninger som er gjort.

Kapittel 2: Godstransport i Trondheim

Dette Kapitlet vil ta for seg hvordan situasjonen med varelevering i Trondheim er. Dette innebærer blant annet hvor lastebiler kjører fra og til, hvilken type kjøretøy som brukes og hvilke typer gods som leveres. Det er også nevnt et eksempel på en eksisterende rådgivende lastebilrute i Tyskland.

Kapittel 3: Teori og Metode

I dette Kapitlet vil det presenteres både teori og metode sammen for hver komponent/faktor i lastebilruten. Årsaken til at teorien og metoden presenteres sammen, er at det skal være lettere for leseren å forstå hva som er gjort i metoden, ved at det hele tiden blir innledet med teori i forkant. Det vil også inngå en vurdering av litteratur og metode som er brukt.

Kapittel 4: Resultater

Resultater fra analyser utført ved bruk av metoden i Kapittel 3 blir presentert. Det presenteres først et oversiktskart over hele studieområdet, deretter for noen utvalgte områder.

Kapittel 5: Diskusjon og anbefalinger

Resultatene som kom frem i Kapittel 4 blir diskutert opp imot formålet med oppgaven og eksisterende litteratur. Eventuelle anbefalinger vil bli presentert.

Kapittel 6: Oppsummering og konklusjon

Det vil kort bli oppsummert hva som er gjort i oppgaven, hva resultatene ble og hva som kan konkluderes.

KAPITTEL 2 – GODSTRANSPORT I TRONDHEIM

Dette kapitlet vil ta for seg godstransport i Trondheim, hvor godset går fra og til, hvilke type transportmiddel som brukes og hvilke typer varer som i hovedsak fraktes. Det vil også presenteres et eksempel på en eksisterende rådgivende lastebilrute i Bremen, Tyskland. Nedenfor følger noen definisjoner som vil brukes videre i oppgaven.

- I denne oppgaven er vogntog av ulike typer inntil 50 tonn totalvekt, total lengde inntil 19 meter og lastebil over 3,5 tonn til ca. 20 tonn totalvekt med lengde inntil 12 meter (+lift)
- Tunge kjøretøy er samlebetegnelsen på lastebiler og vogntog
- Dimensjonerende kjøretøy vil være lastebil for utvikling av lastebilruter

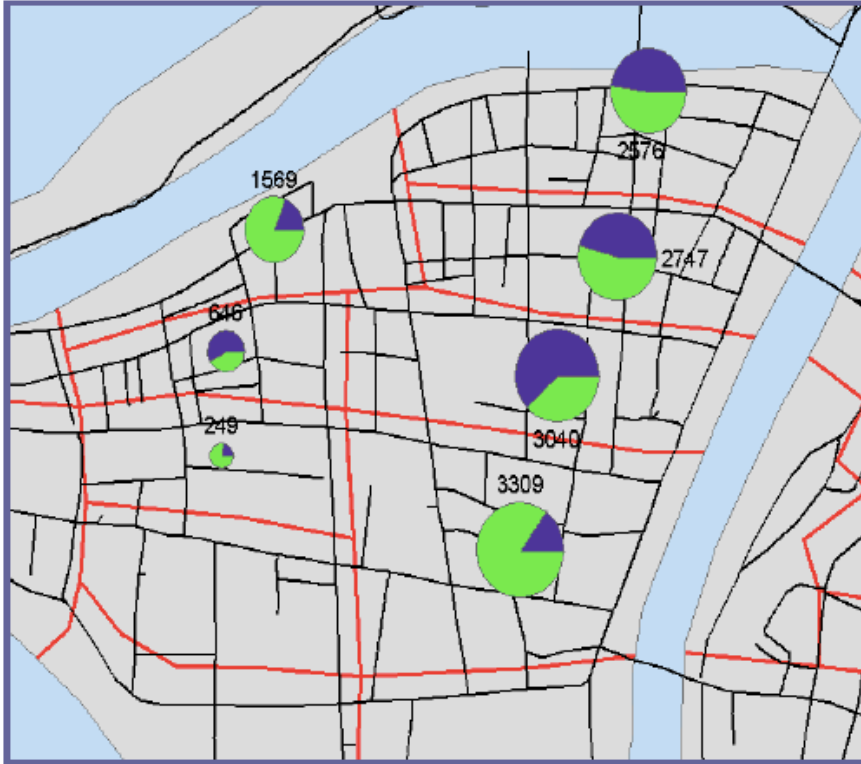
2.1. Varelevering i Trondheim

Områder

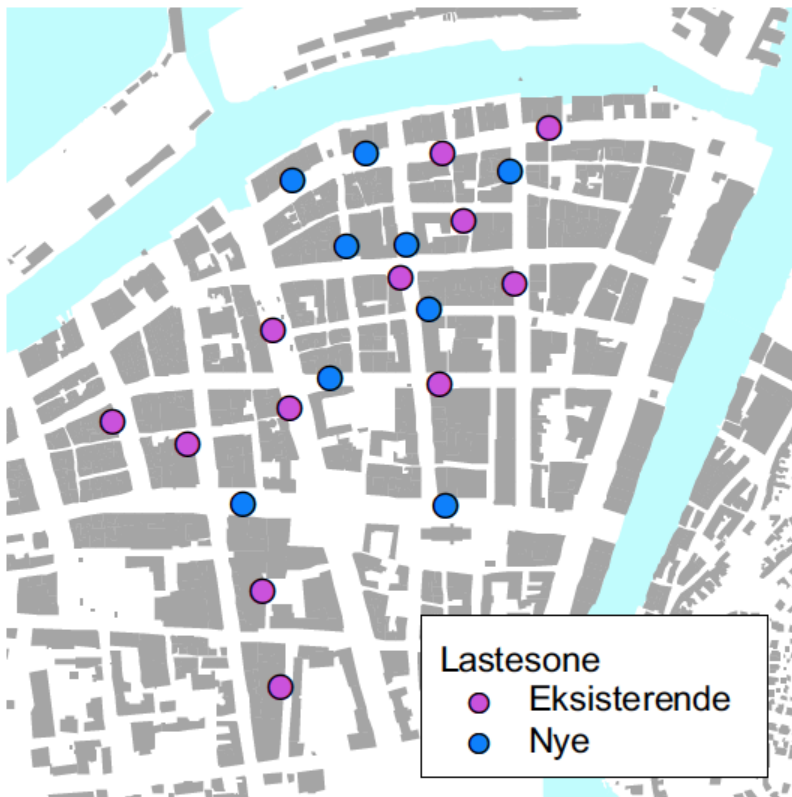
Trondheim er Midt-Norges godssentrum. Totalt fraktes det ca. 9 millioner tonn gods årlig til og fra Trondheim, og biltrafikk utgjør ca. 52 % av dette. I selve Trondheim sentrum er det mye handels- og servicenæring som fører til at det er mye varetransport både inn og ut av Trondheim. Industri og produksjon ligger stort sett i tilliggende områder til byen, slik at varetransport knyttet til dette ofte går gjennom selve bykjernen. Brattøra, som er logistikknutepunktet, ligger innerst i bysentrumet, som fører til at det blir et stort press på transportkanalene inn og ut av byen. Brattøra håndterer 45 % av alt bilgods inn og ut av Trondheim, og hele 36 % av alt gods som håndteres på Brattøra går inn/ut til selve Trondheim sentrum. Det er derfor viktig å legge til rette for gode veg- og distribusjonssystemer for tunge kjøretøy i Trondheim, både med tanke på kapasitetsproblemer, fremkommelighetsproblemer og miljø (Rygvoid 2009).

I følge Rygvold, Netter et al. (2007) går det 1960 tunge godsbiler (semitrailere/vogntog) og ca. 1500-2000 distribusjonsbiler inn/ut av Trondheim per døgn. Fordelingen mellom biltypene tilsvarer den man finner i Sør-Trøndelag fylke og i landet som helhet (Øvstedal 2008). Distribusjonsbiler er lastebiler og varebiler som leverer til butikker og andre bedriftskunder, samt kjører returgods og turer til og fra omlastingsterminalen. Denne mengden biler kan illustreres ved at man forestiller seg en lang kø med vogntog som starter ved Nidarosdomen, og strekker seg 40 kilometer sørover, helt til Lundamo, hver dag. Alle trender peker mot en økning i godstransport. Et mulig fremtidsbilde er en årlig økning på 5 %. Dette vil si at om 5 år, vil det være ca. 500 flere distribusjonsbiler i Trondheim sentrum, hver dag (Rygvold, Netter et al. 2007).

Tallet for distribusjonsbiler i Trondheim er et anslag basert på begrensede trafikktegninger. Rygvold (2009) skriver at det finnes svært lite data om Trondheims distribusjonsstrømmer og at verken mengder eller retninger er kartlagt godt nok. Av denne grunn er det vanskelig å finne nøyaktige data for hvor i byen lastebilrutene bør lede til. Rødseth, Nicolaisen et al. (2002) har skrevet om effektiv varedistribusjon i Midtbyen, og illustrerer i Figur 5 hvor arbeidsplasser i Midtbyen som er godstransportskapende befinner seg. Arbeidsplassene er fordelt etter om de er godstransportskapende (blå) eller ikke (grønn). Tallene i figuren representerer samlet antall arbeidsplasser i den enkelte grunnkrets (Øvstedal 2008). Figur 6 fra Byplankontoret (2006) viser hvor det er eksisterende og planlagte laste- og lossesoner i Midtbyen. Selv om det ikke er mer nøyaktige tall tilgjengelig kan disse to figurene gi en god indikasjon på hvor det bør være lastebilruter.



Figur 5: Godstransportskapende (blå) arbeidsplasser. (Rødseth, Nicolaisen et al. 2002)



Figur 6: Kart over Midtbyen som viser eksisterende og planlagte laste- og lossesoner (Byplankontoret 2006)

KAPITTEL 2 – GODSTRANSPORT I TRONDHEIM

I følge Trondheim kommune (2006) er det omlastingsterminaler for gods i Trondheim på Brattøra jernbanegodsterminal, havneterminalen på Pir I og II og på Nyhavna/Lademoen. På Brattøra er det omlasting mellom bil og tog, samt skifteterminal for godstog. På havneterminalen på Pir I og II er det omlasting mellom båt og bil, samt bil og bil, mens på Nyhavna/Lademoen er det omlasting av biltransportvogner. I tillegg er det en flyterminal på Værnes med omlasting mellom fly og bil.

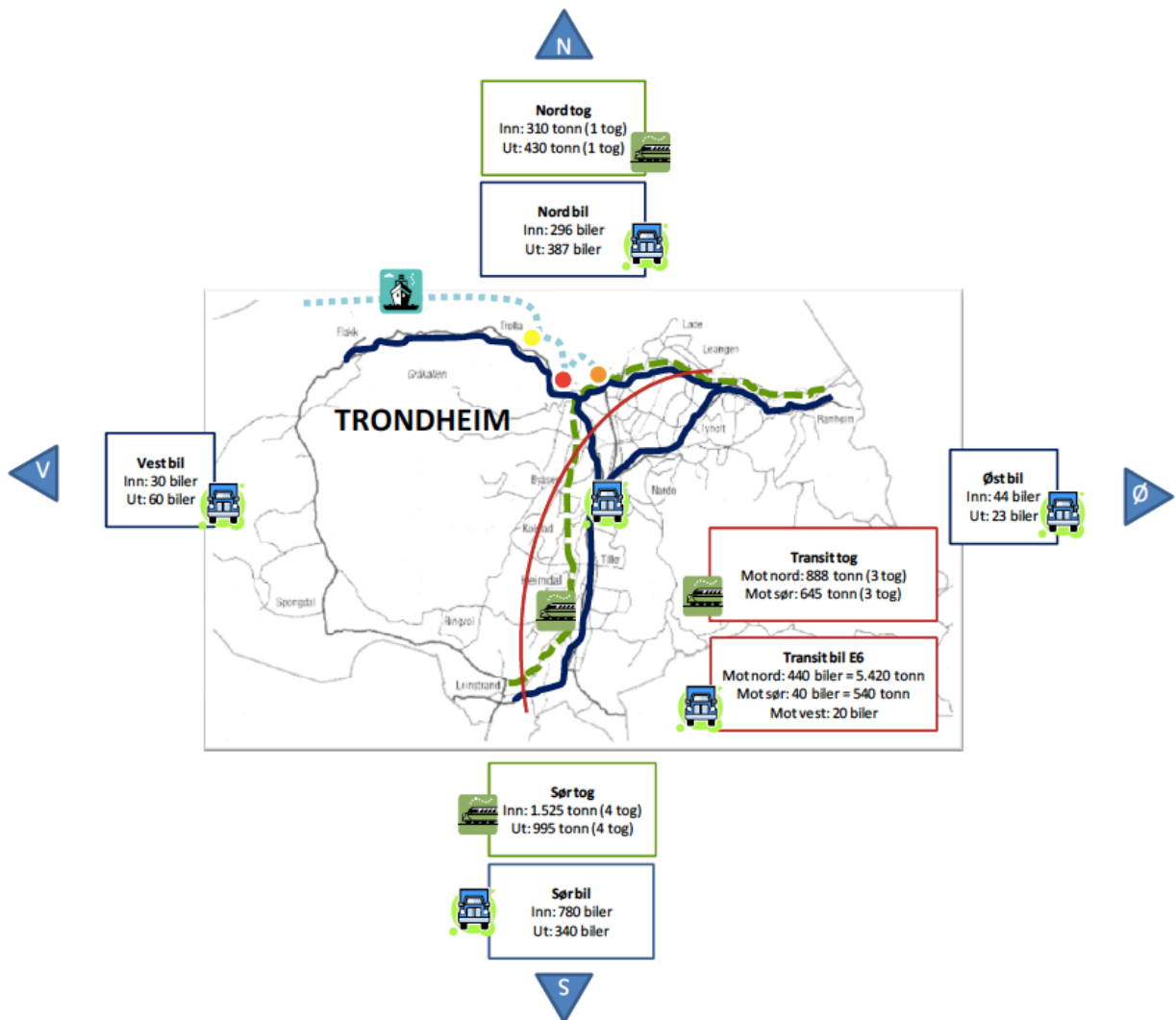
I *Handlingsplan for effektiv varetransport i Trondheim*, skriver Øvstedal (2008) at hovedtyngden av distribusjonskjøringen i Trondheim skjer fra samlastterminalene på Nyhavna/Lademoen, Pir I og II, Sluppen og Heggstadmoen.

Vareiere som mottar eller sender gods er spredt i ulike deler av byen. De fleste er likevel i bydelene Nyhavna/Lademoen, Heggstadmoen, Sandmoen, Fossegrenda/Sluppen, Tunga og Ranheim. I *Transportplan for Trondheim 2006-2015* skrives det at det forventes i fremtiden at andelen vareiere i Trondheim sentrum vil reduseres, mens det vil øke i de sørlige og østlige bydelene (Trondheim kommune 2006). Tabell 3 viser trafikk fra de ulike terminalene Brattøra, Nyhavna, Lade, Tunga, Sluppen og Heggstadmoen inn til Midtbyen. Disse tallene kommer fra et intervju med transportører (Rødseth, Nicolaisen et al. 2002). Man ser at det er flest turer fra Lade og Tunga, altså fra øst, til Midtbyen per dag. Derfor bør disse transportårene være prioritert i forbindelse med utvikling av lastebilrutene. Transport fra sør, Heggstadmoen og Sluppen, bør også ha høy prioritet.

Tabell 3: Trafikk fra terminalene til Midtbyen, data fra transportørintervju. (Rødseth, Nicolaisen et al. 2002)

Terminalens lokalisering	Antall	Antall turer til Midtbyen per dag	Antall stopp i Midtbyen
Trondheim nord (Brattøra, Nyhavna)	3	28	492
Trondheim øst (Lade, Tunga)	4	58	1070
Trondheim syd (Sluppen, Heggstadmoen)	3	37	1007
Sum	10	123 Tilsv. 246 kjøretøy (ÅDT)	2569 Tilsv. 2446 enkelturer

Figur 7 viser en oversikt over hvor mange biler (blå) som går inn og ut av Trondheim i både sør, nord, øst og vest. Den viser også hvor mange biler som går gjennom Trondheim. Man ser at det er en stor andel transittrafikk i Trondheim, og at retning sør-nord er ganske trafikkert. Det er spesielt en stor andel lastebiler som går inn til Trondheim fra sør. Dette er viktig informasjon å ta hensyn til ved utvikling av en rådgivende lastebilrute.



Figur 7: Oversikt godsstrømmer inn/ut av Trondheim (døgntall). (Rygvold 2009)

Ulike typer godsbiler

Valg av transportmiddel avhenger av distribusjonsområdet og den fysiske infrastrukturen der. De ulike transportene vil ha forskjellig kapasitet og fyllingsgrad. Om man for eksempel skal transportere over fylkesgrensene, går de typiske

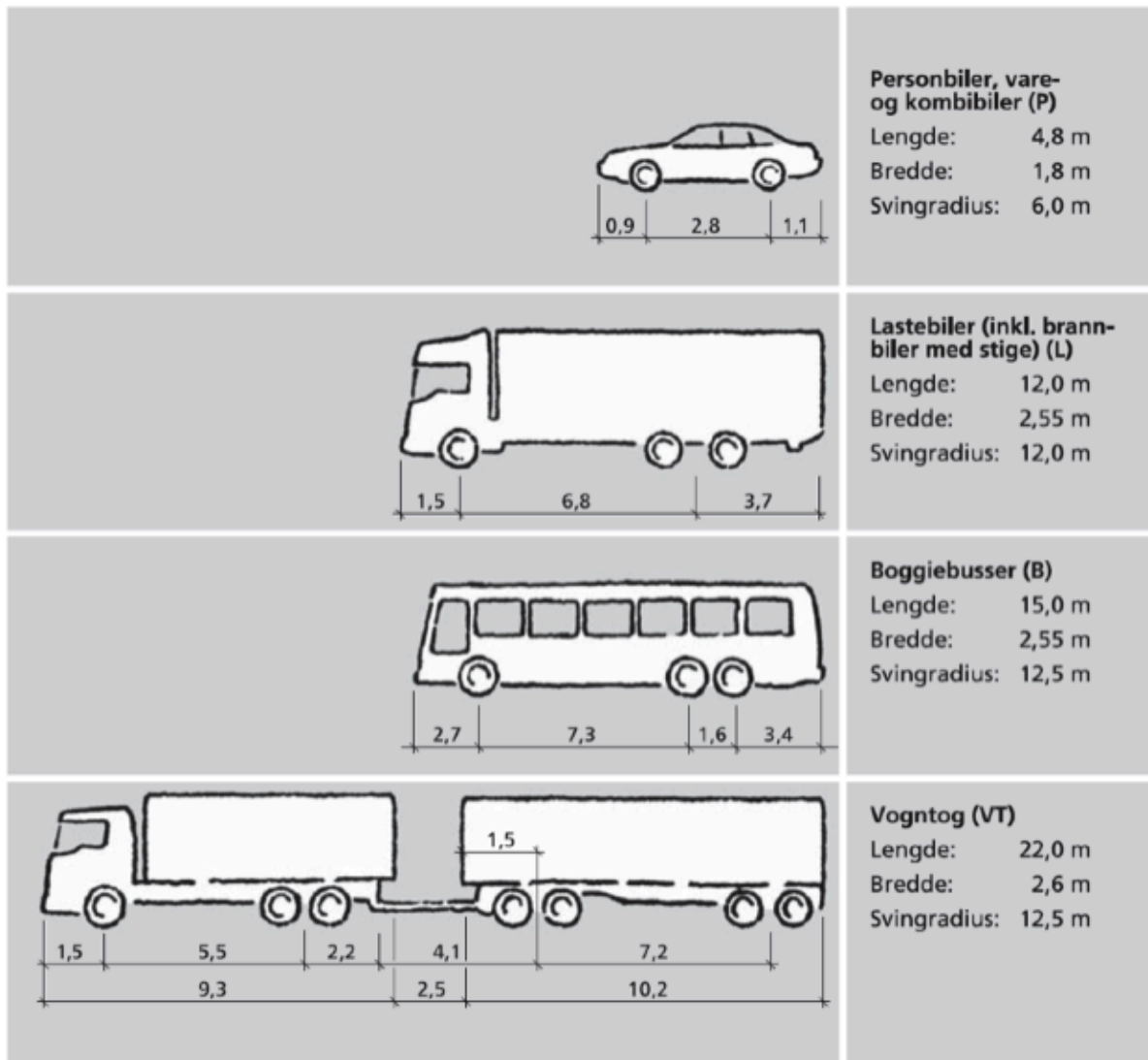
langtransportene med høy andel av semitrailere og vogntog. Ved godstransport i bynære strøk derimot, hvor det sannsynligvis er mye distribusjonstrafikk, er det gjerne høyest andel av lastebiler (Jernbaneverket 2009).

Håndbok 250 Byen og varetransporten (Vegdirektoratet 2005) skriver at de fleste biler som brukes til distribusjon, er lastebiler med skap. På disse bilene åpnes skapene bak, og bakdøren fungerer ofte som en lift slik at varer kan heises fra bilen ned mot bakkenivå og trilles av. Noen biler har også sidedør. Håndboken skriver om flere ulike biltyper som brukes i distribusjon, disse er som følgende:

- Budbil: personbil eller varebil med nyttelast ca. 500 kg
- Varebil/kassebil under 3,5 tonn totalvekt, nyttelast opp til 1,5 tonn, lengde inntil 5,5 meter
- Lett lastebil 3,5–7,5 tonn totalvekt, nyttelast 2-4 tonn, lengde inntil 8 meter
- Lastebil (skapbil) 7,5–19 tonn totalvekt, 2-akslet, nyttelast 3-11 tonn, lengde inntil 12 meter (+lift)
- Lastebil (skapbil) over 20 tonn totalvekt, 3-akslet, nyttelast 10-16 tonn, lengde inntil 12 meter (+lift)
- Vogntog av ulike typer, inntil 50 tonn totalvekt, total lengde inntil 19 meter
- Citytrailer er et vogntog bestående av en kort trekkvogn og en kort 1-akslet semitrailer (henger) med sving. Citytrailer er ofte lavbygd med plass til ca. 27 paller i skapet. Det ventes økende bruk av citytrailere i distribusjon.

Ved dimensjonering for varelevering anbefaler *Håndbok 250* en minimumsstørrelse på lastebiler på 12 meter. *Håndbok 017 Veg- og gateutforming* (Vegdirektoratet 2013) skriver om dimensjonerende kjøretøy. Ulike dimensjonerende kjøretøy vises i Figur 8. Ut ifra data om varelevering i Trondheim, som for eksempel at det er mest levering av mat og stykk gods i Trondheim by, som hovedsakelig leveres med skapbiler, er det bestemt at det i denne masteroppgaven skal brukes dimensjonerende kjøretøy lastebil.

Det kan være at det burde vært dimensjonert for vogntog noen steder, men i all hovedsak er det flest lastebiler som brukes til distribusjon i selve Trondheim by. Vogntog kjører mest transitt og utenfor bysentrum, som for eksempel på E6 som er en vegstrekning som hovedsakelig er tilfredsstillende for vogntog.



Figur 8: Dimensjonerende kjøretøy. (Vegdirektoratet 2005, Vegdirektoratet 2013)

Ulike godstyper

Jernbaneverket (2009) utførte intervjuer av godsbilsjåfører langs vegkanten i 2006, og på Brattøra i 2007 for å få en oversikt over hvilke typer varer de transporterte og hvor mye. Vegkantintervjuene i 2006 gir en god beskrivelse av de lange godstransportene på veg på riksveg og stamveg. Intervjuene som ble gjort på Brattøra i 2007 gir data over distribusjonstrafikken over Brattøra og mer i Trondheim by. Resultatene over hvilke type varer som ble fraktet og hvor mye, illustreres i

Tabell 4. Man ser at de lange transportene har en mer jevn fordeling i hvilke typer varer de frakter, mens godsbiler på Brattøra og i Trondheim by i hovedsak frakter

KAPITTEL 2 – GODSTRANSPORT I TRONDHEIM

mest stykkgoods og matvarer. Stykkgoods som inngår i varetransporter i by består stort sett av emballerte produkter, enkeltvis eller på pall, som skal til ulike mottakere (Øvstedal 2008). Stykkgoods ”stykkes opp”, i motsetning til en partilast der hele forsendelsen skal til en mottaker. Bransjebutikker som urmaker, klær, veskebutikker, bokhandlere, skobutikker, utstyrsvarer, fargehandel, jernvare osv. er typiske mottakere av stykkgoods (Vegdirektoratet 2005).

Tabell 4: Fordeling varetype på lange transporter, og på Brattøra. (Jernbaneverket 2009)

Vare Nemo	Vegkant 2006		Brattøra07		Totalt 1000tonn/år	Total Andel
	1000tonn/år	Andel	1000tonn/år	Andel		
0 Tom	23	0 %	0	0 %	23	0 %
1 Mat	1441	17 %	1327	30 %	2768	22 %
2 Fisk	497	6 %	211	5 %	707	6 %
3 Termovarer	378	4 %	77	2 %	455	4 %
4 Transporm/maskin	420	5 %	33	1 %	453	4 %
5 Stykkgoods	1840	22 %	2276	52 %	4116	32 %
6 Tømmer/tre	1297	15 %	87	2 %	1383	11 %
7 Masse (stein,sand)	954	11 %	87	2 %	1041	8 %
8 Kjemisk	222	3 %	15	0 %	236	2 %
9 Metaller	563	7 %	109	3 %	672	5 %
10 Petroleum	507	6 %		0 %	507	4 %
11 Annet	253	3 %	136	3 %	390	3 %
Totalt	8394	100 %	4358	100%	12751	100 %

Butikker og andre som skal ha varer har i dag ofte ikke lager, og er derfor avhengig av å få vareleveranser ofte, noen til og med daglig (Trondheim kommune 2006). Butikkene i Midtbyen får varer alt fra 1 gang i uken til 6 eller flere ganger i uken. 21 % av butikkene i Midtbyen får leveranse 1-2 ganger per uke, 43 % mottar 3-5 leveranser per uke og 36 % mottar 6 eller flere leveranser per uke skriver Øvstedal (2008). Større matvareforretninger får gjerne 5-10 leveranser per dag, dette kommer av at for eksempel bakevarer kan leveres til samme butikk tre ganger daglig. Butikkene som får mer enn 6 leveranser per uke er som regel enkeltbutikker, og ikke butikker i kjøpesentre. Hyppige leveranser sentralt i Trondheim kan ha følger som mer kø, mer utslipp og redusert trafiksikkerhet. Dette kan tyde på at det er et behov for rådgivende lastebilruter, som kan gjøre leveranser i bysentrum mer effektive.

2.2 Eksempel på eksisterende lastebilrute

Senter for trafikkstyring i Bremen, Tyskland (VMZ Bremen 2014) har utviklet og innført et lastebilrute-system i Bremen. Lastebilrute-systemet består av gater som er tillatt for gjennomgangstrafikk av lastebiler uten noen restriksjoner. Målet med dette er å legge til rette for at spedisjon og alle andre leveranser fraktes på den beste måten i forhold til fremkommelighet for kjøretøy og aksept av beboerne. De vil holde gjennomgangstrafikk borte fra sidegatene og boligområder. Skilting til industriområdene for godstrafikken er basert på lastebilrute-systemet. Skiltene viser vanligvis ruter med kortest kjøretid, og det er lagt opp slik at om sjåfører bruker andre ruter enn de anbefalte, kan det være de må forholde seg til restriksjoner. Bremen har ansvar for at de anbefalte vegene er høyt prioritert når det gjelder utvikling og vedlikehold av vegnettet. Lastebilrutesystemet er basert på frivillig bruk av de anbefalte rutene for å redusere trafikkbelastningene i boligområder. VMZ Bremen (2014) skriver at trafikktellinger som er gjort i etterkant av at rutene ble innført, har vist at de anbefalte rutene for lastebilene også i stor grad ble fulgt. Larsen og Andersen (2004) skriver om effekter av effektiviseringstiltak for godstransporter i byer i Europa. Tabell 5 viser effekten av at Bremen utviklet egne ruter for godstransporten.

Tabell 5: Effekter av innføring egne ruter for godstransporten i Bremen, Tyskland. (Larsen and Andersen 2004)

	Endringer i volum målt i %.
Motorveger og lignende	+ 1,5 %
Mindre veger utenom rutesystemet	- 11 %
Veger i boligområder	- 40 %

Høsten 2013 utførte jeg et fordypningsprosjekt (Heggum 2013) i form av et litteraturstudie om utvikling av lastebiler. Gjennom dette litteraturstudiet ble det blant annet undersøkt hva lastebilruter er, hvorfor det er behov for det og hvordan de kan bedre bydistribusjon. I tillegg gis det retningslinjer for hvordan man kan utvikle en lastebilrute. Informasjon fra dette prosjektet er bakgrunnen for arbeidet som vil bli gjort videre.

KAPITTEL 3 – TEORI OG METODE

I dette Kapitlet vil det gå frem hvordan arbeidet med å utvikle lastebilruter har blitt utført. Hvilke inndata og metoder som er brukt, samt styrker og svakheter ved dette vil presenteres her.

Det er valgt å presentere teori og metode sammen for hver faktor som bør inngå i en lastebilrute. Årsaken til dette er at det skal være lettere for leseren å forstå hva som er gjort, og hvorfor, i metoden, ved at det blir innledet med teori i forkant.

Ut ifra innsamlet data, er det identifisert hvilke vegger som er best egnet for tunge kjøretøy når de skal levere varer ved hjelp av ArcMap. Modulen ArcMap har blitt brukt til dataforvaltning, bygge transportnettverk og til å gjøre analyser av inndataene og nettverket. Det har blitt utført spørringer ved hjelp av "Query Builder" for å identifisere de vegene som har tilfredsstillende geometri, mindre tilfredsstillende geometri og geometri som frarådes samt om de er i nærheten av sårbare områder som boligområder, områder med skoler, barnehager, eldreheim, sykehus og lignende. Det er også undersøkt om vegene er i nær tilknytning til godsterminaler og butikker som krever hyppig vareleveringer.

3.1 Metode for å innhente relevant litteratur om emnet

I forbindelse med mitt fordypningsprosjekt (Heggum 2013) ble det innhentet en del litteratur i forbindelse med utvikling av lastebilruter. Noe av denne litteraturen har blitt benyttet i denne oppgaven. Blant annet har valg av noen faktorer som bør inngå i en lastebilrute blitt presentert i fordypningsprosjektet. Faktorene som ble presentert der er stigning, radius, vegbredde og høyderestriksjoner. En del litteratur fra Kapittel 1.1 er også et direkte resultat av litteraturstudiet som ble utført gjennom fordypningsprosjektet. Gjennom dette litteraturstudiet er det skrevet om utvikling av en lastebilrute. Det gis informasjon om hva en lastebilrute egentlig er, hvorfor man har behov for en og retningslinjer for hvordan man kan utvikle en.

I forkant av arbeidet med ArcMap ble det innhentet en del litteratur om hvilke kriterier man bør ta hensyn til når man skal utvikle en lastebilrute. Det ble studert litteratur om eksisterende lastebilruter i Tyskland og Canada, samt litteratur om parametere knyttet til veggeometri og lastebiler. Mye av litteraturen er hentet fra både bibliotekets systemer, internett og egen fordypningsoppgave (Heggum 2013). Spesielt ble Bibsys og søkemotoren Google Scholar benyttet. Håndbøkene fra Statens vegvesen har spesielt blitt benyttet for å finne parametere. I tillegg har en del litteratur kommet fra rapporter fra SINTEF og TØI og pensumbøker fra fag jeg har hatt på NTNU. Veilederen min har også bidratt og gitt meg noen artikler om dette temaet.

3.2 Innledning til bruk av ArcMap for å utføre analyser

For å kunne identifisere hvilke veger som er best egnet for tunge kjøretøy, er GIS et godt verktøy å bruke. ArcGIS er dataprogrammer som sammen med geografiske data utgjør et komplett geografisk informasjonssystem, et GIS. Den viktigste modulen i ArcGIS er ArcMap. Med ArcMap kan man arbeide med innsamlede geografiske data, i form av kart og tabeller. Modulen kan brukes for alle kart- og redigeringsoppgaver, samt for kartbaserte analyser (Oterholm 2008). Ved å bruke ArcMap kan man utvikle kart ut ifra forhåndsdefinerte lag, og/eller legge til data f.eks. fra temalag, shapefiler, geodatabaser, satellittbilder og tabeller med koordinater eller adresser.

3.2.1 Innhenting av nødvendige data for å utføre analyser i ArcMap

For å utføre analyser av vegstrekningene i Trondheim var det nødvendig å skaffe data om vegnettet. I denne masteroppgaven kommer det meste av data som er brukt i ArcMap fra Statens vegvesen og Vegdirektoratet, via Nasjonal vegdatabank (NVDB). De har utviklet et eget NVDB-tillegg som kan brukes i ArcMap, slik at dataene kan hentes direkte inn i ArcMap. Programtillegget jeg fikk av de ga meg tilgang til mye data fra NVDB for hele Sør-Trøndelag. Nasjonal vegdatabank er en database med informasjon om statlige, kommunale, private, fylkes- og skogsbilveger. Denne databasen brukes aktivt i forvaltningen av Norges veger, og inneholder blant annet følgende informasjon:

- Vegnett med geometri og topologi som danner grunnlaget for kartløsninger og ruteberegnerne på internett
- Oversikt over utstyr og drenering langs vegen
- Ulykker og trafikkmengder (ÅDT)
- Grunnlagsdata for bruk i støyberegnerne og trafikkmodeller

Alle data som er hentet fra NVDB i denne oppgaven inneholder data under norsk lisens for offentlige data (NLOD) tilgjengeliggjort av Statens vegvesen (Statens vegvesen 2014).

Data fra NVDB som har vært av spesiell interesse i denne oppgaven er vegbredde og kurvatur som horisontalelement (radius) og stigning. I tillegg har data om antall kjørefelt, fartsgrenser, trafikkøyer og ulykker med lastebiler involvert blitt hentet ut.

3.2.2 Bruk av funksjonen "Query Builder" for å utføre analyser i ArcMap

For å utføre analysene i ArcMap ble funksjonen "Query Builder" brukt. Denne gjør det mulig å utføre en "spørring" slik at man kan få tak i den spesifikke informasjonen man ønsker, blant all tilgjengelig informasjon. Forenklet skrevet, fungerer det slik at man "spør" etter det man vil ha ut av et datasett, så vil kun dette vises ut på skjermen. En spørring er altså en forespørsel om å velge funksjoner eller poster fra en database. Spørringen er ofte skrevet som et utsagn eller et logisk uttrykk, det er generelt en del av en SQL-setning. Man legger inn brukerdefinerte kriterier og når spørringen utføres i ArcMap tegnes kartet opp på nytt og viser kun de funksjonene eller poster som tilfredsstillende disse kriteriene. Man skriver et spørreuttrykk, som så evalueres som en boolsk verdi, som betyr en sann eller usann verdi. Vanligvis fungerer det slik at de radene i en tabell (database) der spørreuttrykket evalueres som sann, velges ut, og vises (ESRI 2014). Figur 9 illustrerer hvordan det fungerer. Man legger inn data og et spørreuttrykk, så bearbeider ArcMap dette, og resultatet som kommer ut er det datasettet du ønsker å vise som et kart. I denne oppgaven betyr dette at man kan få ut de vegstrekningene som har tilfredsstillende og/eller ikke tilfredsstillende egenskaper.



Figur 9: Illustrasjon på en spørring i ArcMap (ESRI 2014)

3.3 Metode for å utføre analyser og fremskaffe resultater i ArcMap

Dette delkapittelet vil ta for seg hvordan det har blitt gått frem for å utføre analysene av vegstrekninger i Trondheim. Analysene har blitt utført slik at viktige faktorer som inndeling av bygningstyper, stigning, radius, vegbredde, antall kjørefelt, høyderestriksjoner og plassering av gågater har blitt analysert hver for seg. Deretter har noen av disse faktorene blitt sett i sammenheng med hverandre. I delkapitlene som følger vil det stå teori om hver av disse faktorene, deretter har de blitt kvantifisert på grunnlag av denne teorien, slik at de kan brukes til å utføre analyser i ArcMap.

Som nevnt i Kapittel 3.2.1 har det meste av dataene kommet fra NVDB-tillegget. Tillegget inneholdt vegrelaterte data for hvert fylke i Norge. I dette tilfellet hadde man derfor data for hele Sør-Trøndelag. Dette måtte derfor "klippes" i ArcMap mot oppgavens studieområde, Trondheim, som er vist i Figur 4. Hovedsakelig er det den nevnte funksjonen "Query Builder" som er blitt benyttet til å utføre spørringer i ArcMap. Dette førte til at man kunne se hvor egnede ulike vegstrekninger er i forhold til å føre lastebiltrafikk på.

3.3.1 Betydningen av fordeling av bygninger i forbindelse med en lastebilrute

Teori

Den viktigste årsaken til at man ønske å dele inn bygninger etter type i denne oppgaven, er for å få et godt bilde av hvor lastebiler må kjøre, og hvor de ikke bør kjøre. Noen bygninger krever leveranser med lastebiler flere ganger i uken. Dette kan være for eksempel godsterminaler, postterminaler, butikker, lagerhaller, kjøle- og fryselager, industribygninger, kjøpesenter, bensinstasjon, restaurant- og kafebygning, gatekjøkken og lignende. Man har også enkelte type bygninger som er spesielt sårbare ovenfor godstrafikk. Dette kan være bo- og servicesenter, lekeparker, barnehager, barneskoler, ungdomsskoler, videregående skoler, idrettshaller, sykehus, sykehjem, rehabiliteringsinstitusjoner, legekantor, helsestasjoner, boliger og lignende. Det er viktig å få frem hvor disse ulike type bygningene befinner seg, slik at man ser hvilke vegstreknings lastebiler bør kjøre på og ikke når ruter skal velges. En meget viktig årsak til at man vil unngå lastebiler i sårbare områder som nevnt ovenfor, er at det er en større ulykkesrisiko i slike områder. Det kan være barn som fortsatt er for små til at de har utviklet respekt for trafikk, eller syke, eldre eller funksjonshemmede som kan ha nedsatt funksjonsevne. Ulykker med lastebiler er ofte meget alvorlige ettersom de er så store og tunge.

Ulykker hvor tunge kjøretøy er involvert er ofte alvorligere, men sjeldnere enn andre ulykker (Assum and Sørensen 2010). Disse ulykkene er generelt meget alvorlige på grunn av høy vekt og stor masseforskjell mellom det tunge kjøretøyet og motparten. Det positive er at om man tar hensyn til kjørelengde er tunge kjøretøy sjeldnere innblandet i ulykker enn andre kjøretøy.

Årsaken til at alvorlighetsgraden er så mye større når tunge kjøretøy er involvert er at det er så stor forskjell i energimengde mellom tunge og lette kjøretøy. Haldorsen (2013) skriver at kjøretøyenes bevegelsesenergi er en funksjon av kjøretøyenes vekt og fart. Ved kollisjoner eller utforkjøringer omdannes bevegelsesenergien til mekanisk deformasjonsarbeid. Kjøretøy med stor masse vil dermed representere større energi som omdannes enn en enhet med mindre masse. Den letteste enheten får i en frontkollisjon bevegelse i motsatt retning, som igjen betyr meget høy negativ

retardasjon (G - belastning). Den letteste enheten påføres dermed størst skade, og personer i denne omkommer ofte som følge av indre skader.

Staten vegvesen har foretatt dybdestudier av alle dødsulykker siden 2005, ved fem regionale ulykkesanalysegrupper (UAG). Resultater fra dybdeanalysen av dødsulykker i vegtrafikken som ble utført i 2012 av Statens vegvesen illustreres i Tabell 6. Tabellen inkluderer ikke ulykker med sykkel mot et annet kjøretøy, men tall viser at i ca. 70 % av de ulykkene var vektforskjellen mellom kjøretøyene direkte avgjørende for skadeomfanget (Haldorsen 2013)

Tabell 6: Antall dødsulykker i 2012 hvor stor vektforskjell mellom involverte kjøretøy har bidratt til skadeomfanget (Haldorsen 2013)

Vektforskjell mellom kjøretøy	Bidrag til skadeomfanget			I alt
	Avgjørende	Stor	Litt	
Personbil mot lastebil/vogntog/buss	26	8	1	35
Motorsykkel mot lastebil/vogntog/buss	1	0	0	1
Motorsykkel mot person/varebil	3	3	1	7
I alt	30	11	2	43
Andel av dødsulykkene				31 %

Det er spesielt mange ulykker mellom personbil og tunge kjøretøy, i følge Tabell 6 er 25 % av disse dødsulykkene i denne kategorien, og som allerede nevnt er 75 % av tungbilulykkene møteulykker. Dette kan tyde på at noe må gjøres på dette området. Lastebilruter kan være et mulig tiltak her. Om de tunge kjøretøyene kjører på veger som er egnet for de i forhold til bredde, stigning og horisontalkurvatur er risikoen for ulykker lavere enn den ellers ville vært.

Metode

Data som ble brukt:

For å identifisere hvor ulike bygningstyper befinner seg ble det brukt FKB-data for Trondheim. FKB står for "felles kartdatabase". FKB inneholder de mest detaljerte kartdataene. De egner seg for kartproduksjon og til bruk i saksbehandling, prosjektering og til geografiske analyser. Disse dataene er tilpasset bruk i målestokk 1:500 til 1:30 000 (Kartverket 2013). I arbeidet ble det brukt Shape-filer for "bygg" i

datatypen ”flater”. En shapefil er et ESRI-lagringsformat for vektordata til lagring av lokasjon, form og attributter for geografiske objekter (ESRI 1998).

Bruk av ArcMap:

Shape-filene ble hentet inn i ArcMap. For å kunne skille mellom de ulike bygningstypene måtte funksjonen ”Query Builder” brukes. Med denne funksjonen ble det utført spørringer slik at kun bygg som kunne klassifiseres som ”industri, butikker o.l.” ble valgt ut. Disse ble lagret på et eget lag. Deretter ble det samme gjort for klassifiseringene ”Boliger,” ” Skoler, barnehager, sykehus, eldreheim o.l” og ”Terminaler.” Dette, samt hvilke type bygninger som inngår i de ulike klassifiseringene, illustreres i Tabell 7.

Det var ikke oppgitt hvordan type bygninger byggflatene var. I stedet var det oppgitt SOSI-koder for de ulike byggflatene. SOSI står for ”Samordnet Opplegg for Stedfestet Informasjon” og er tallkoder for hvert objekt (Kartverket 2014). For å finne ut hvilke byggflater som tilhørte hvilke klassifiseringer måtte *SOSI standard Del 2 – Generell objektkatalog* benyttes. I denne står det hva SOSI-kodene for de ulike bygningstypene er. Disse SOSI-kodene ble deretter brukt for å utføre spørringene som ble nevnt over.

Tabell 7: Klassifisering av bygninger

Type bygning:	Klassifisert som:	Fargekode:
Lagerhall, kjøle- og fryselager, industribygning, posthus, kjøpesenter, bensinstasjon, butikkbygning, restaurant- og kafebygning, gatekjøkken og lignende	Industri, butikker o.l.	Grønn
Boligbygg, fritidsboliger, garasjer, uthus, anneks og lignende	Boliger	Blå
Bo- og servicesenter, lekepark, barnehage, barneskole, ungdomsskole, videregående skole, idrettshall, sykehus, sykehjem, rehabiliteringsinstitusjon, legekantor, helsestasjon og lignende	Skoler, barnehager, sykehus, eldrehjem o.l.	Rød
Godsterminal, postterminal, flyterminal og terminalbygning	Terminaler	Gul

3.3.2 Betydningen av stigningsgrad i forbindelse med en lastebilrute

Teori

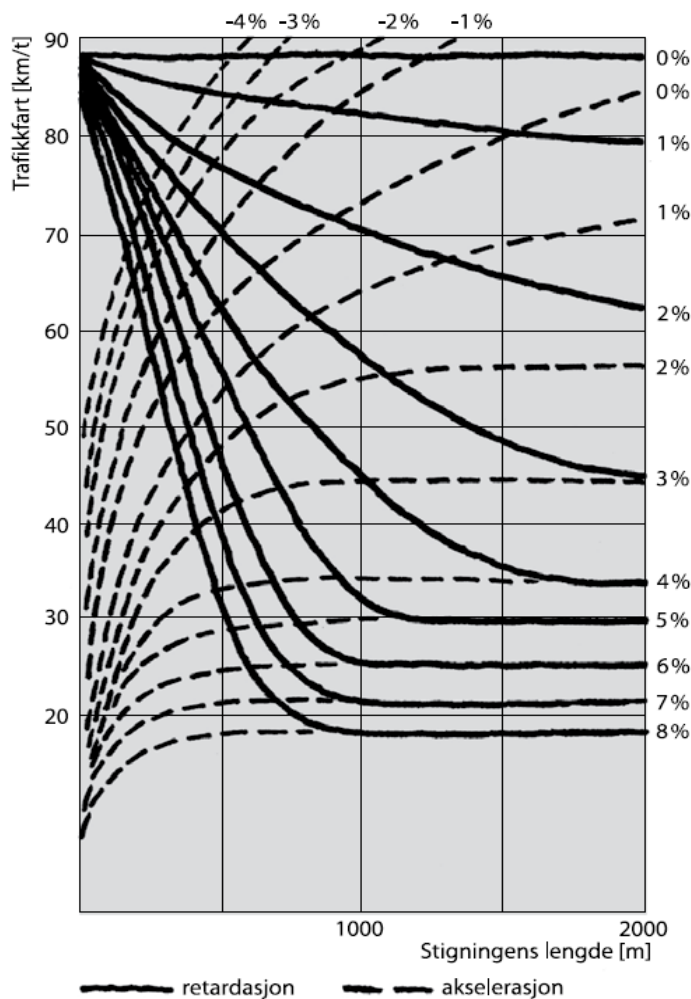
Eksisterende litteratur diskuterer hvordan stigningsgrad påvirker tunge kjøretøy når de kjører. Det diskuteres om det påvirker blant annet ulykkesrisiko, miljø og kapasitet. Nedenfor vil det gjengis hva eksisterende litteratur sier om dette temaet i forbindelse med utvikling av lastebilruter.

Ulykker

Stigningers betydning for ulykkestallet er undersøkt i en rekke undersøkelser fra forskjellige land som for eksempel Sverige, Storbritannia, Australia, og New Zealand. Der er ulykkesrisiko sammenlignet mellom veger med ulik stigning. Disse undersøkelsene viser at reduksjon av stigninger reduserer ulykkestallet. Virkningen er størst for de bratteste stigningene og avtar etter hvert. Konklusjonen til Vaa, Elvik et al. (2012) er at det er flere og mer alvorlige ulykker jo brattere vegen er, og at ulykkesrisikoen er større i nedoverbakke enn i oppoverbakke. Kombinasjonen av stor fart pga. fallet, men også store fartsforskjeller, påvirker ulykkesrisikoen (Vaa, Elvik et al. 2012).

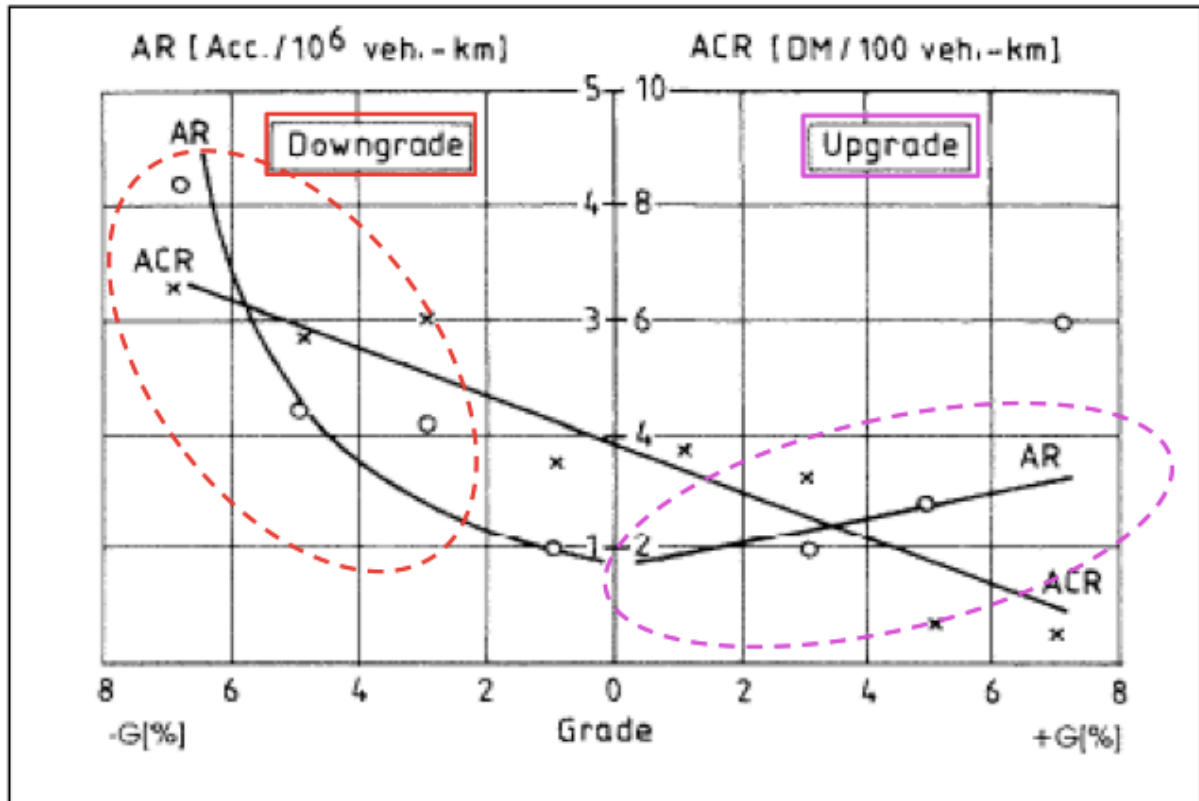
Risikoen for brann i kjøretøy øker også med økt stigning. Tunge kjøretøy kan ha en totalvekt på opptil 50 tonn, og når dette skal holdes tilbake i nedoverbakker, kreves det stor energi. Dette kan føre til slitasje og varmgang i bremsene, som øker risikoen for at brann skal oppstå og at bremsene skal svikte (Hauge and Torset 2010). Spesielt ved stigning over 5 % øker faren for brann på grunn av varmgang i bremsen i nedoverbakke. Jenssen, Bjørkli et al. (2006) er enig i dette og skriver at risikoen for brann er der også i oppoverbakke, men mer på grunn av varmgang i motor.

I følge Hovd (2012) viser erfaringer at ved stigninger større enn 3-4 %, stiger ulykkesfrekvensen. Hauge og Torset (2010) konkluderer med det samme og skriver at det er gjerne fordi tunge kjøretøy akselerer dårlig i stigninger over ca. 3 %. De får dermed redusert sin hastighet i forhold til lette kjøretøy, og kan medvirke til farlige situasjoner ved forbikjøringer. Selv om moderne vogntog har stor motorkraft, er det ofte at vogntoget har kommet i "krabbefart" før det har kommet opp bakken. Et tungt kjøretøy i en stigning vil normalt ha lavere motoreffekt enn nødvendig for å opprettholde utgangsfarten. Resultatet blir da at bilen vil redusere farten oppover stigningen til enten stigningen er over eller når den oppnår en likevektsfart. Ved likevektsfarten er det en likevekt mellom effektbehov og utnyttet motoreffekt (Torset, Aakre et al. 2011). Hvordan hastighet blir påvirket av stigning hos tunge kjøretøy er illustrert på Figur 10.

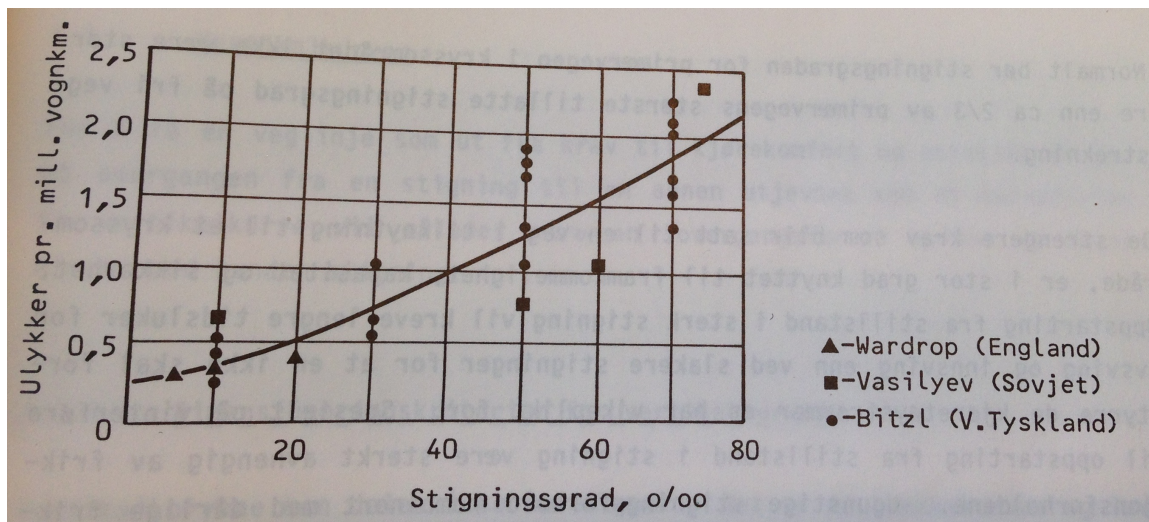


Figur 10: Hastighet og stigning. (Hovd, A 2012)

Lette kjøretøy vil i stor grad klare å holde samme hastighet i stigning på opp til 6-7 % som de har på horisontal veg. Om stigningen er over 3 % vil man da kunne forvente å få større forskjeller i hastighet mellom ulike kjøretøygrupper enn med stigning lavere enn 3 %. Dette vil både føre til redusert kapasitet og sikkerhet ettersom personbiler ofte vil forsøke å kjøre forbi de saktegående tunge kjøretøyene. Dette kan føre til farlige situasjoner. Figur 11 og Figur 12 viser hvordan stigninger virker inn på ulykkesfrekvensen ifølge Engstrøm og Hovd (1986) og Lamm, Psarianos et al. (1999). Av Figur 11 ser man tydelig at ulykkesfrekvensen (AR) øker mer med stigningen i nedoverbakke (downgrade) enn oppoverbakke (upgrade). Figur 11 gjelder for generell ulykkesfrekvens og ulykkeskostnadsfrekvens (ACR) oppgitt i Tyske mark (DM) for alle kjøretøy, og ikke spesifikt tunge kjøretøy.



Figur 11: Ulykkesfrekvens og stigning. (Lamm, Psarianos et al. 1999)



Figur 12: Stigningers innvirkning på ulykkesfrekvens. (Engstrøm and Hovd 1986)

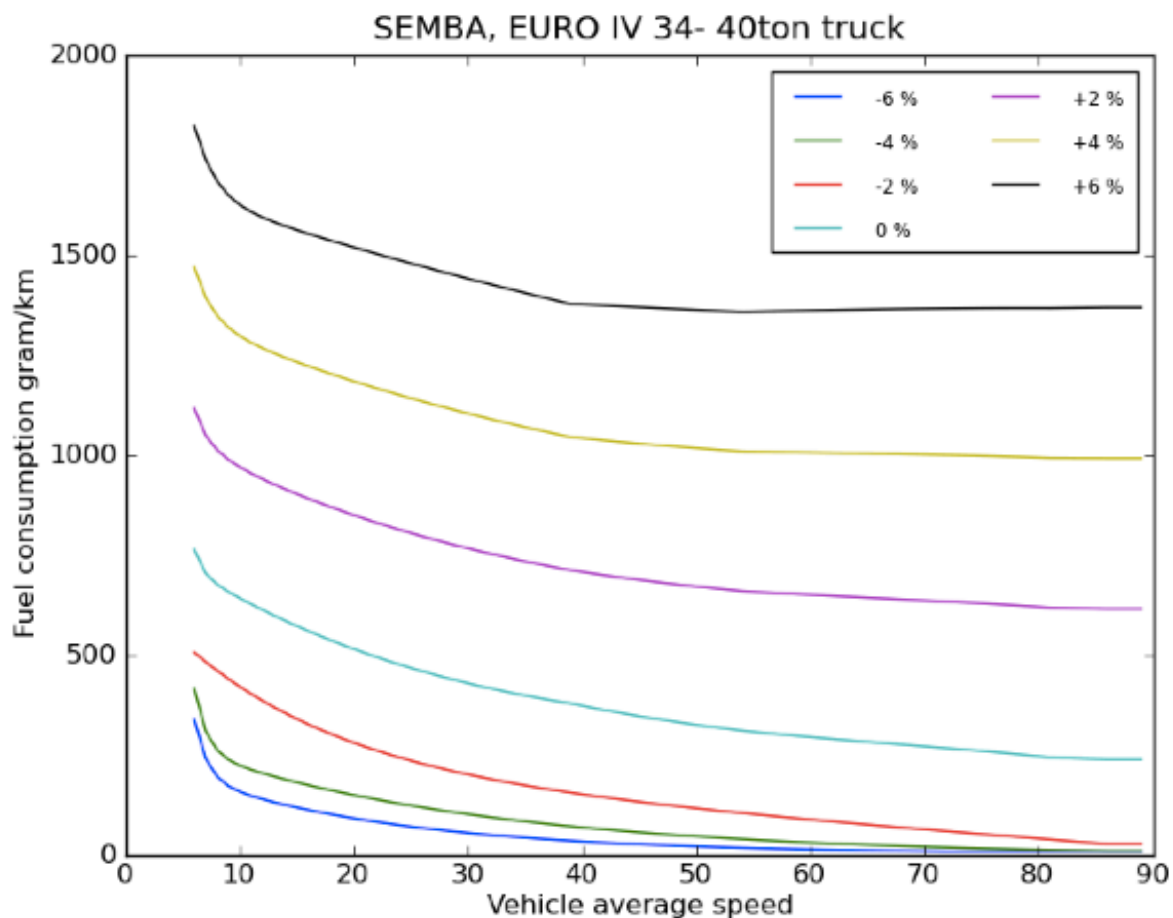
Figur 12 viser hvordan tre ulike studier bekrefter at ulykkesfrekvensen øker med stigningsgraden. Ettersom det er utført regresjon av resultatene av disse studiene er det en usikkerhet knyttet til dette.

Spesielt i tunneler er man blitt strengere med krav til stigning. Hovd (1986) skriver at det er en tendens at tunneler med stor stigning og skarpe kurver gir høy ulykkesfrekvens. Dette stemmer godt med Jenssen, Bjørkli et al. (2006) sin konklusjon om at ulykkesfrekvensen øker sterkt i tunneler ved stigningsgrad over 5-6 %. Som et tiltak har Samferdselsdepartementet (2007) utgitt *Tunnelsikkerhetsforskriften* som sier at det ikke skal være tillatt med mer enn 5 % stigning i lengderetningen i nye tunneler, med mindre ingen annen løsning er geografisk mulig.

Utslipp

Godstransporten står for en betydelig andel av klimagassutslippene fra transportsektoren. Transport medfører i tillegg regional- og lokal luftforurensning, og mange byer plages av dårlig luftkvalitet på grunn av svevestøv (PM) og nitrogenoksider (NO_x). Norvik, Levin et al. (2011) skriver i *Grønn Godstransport* at det er kjent fra litteraturen at utslipp fra vegtransport påvirkes av stigninger og fall i betydelig grad. Transportinfrastrukturens geometriske utforming, rutevalg og fartsvalg har betydning for størrelsen på utslippene. Å kjøre i et område som er relativt flatt kontra i et område som er kupert vil ha stor betydning. Det er heller ikke slik at den ekstra energien man bruker, og dermed utslipp man produserer, på veg oppover en bakke gjenvinnes på veg ned igjen (Hassel and Weber 1997).

Figur 13 viser hvordan kombinasjonen av stigninger og fall kombinert med hastighet påvirker drivstofforbruket. Figuren viser at drivstofforbruket er ca. 3 ganger så stort med 6 % stigning som det er på flat veg med en gjennomsnittshastighet på 50 km/t. Man ser at det ikke er symmetri mellom positive og negative gradienter. Det stemmer med det Hassel og Weber (1997) skriver, at man ikke klarer å gjenvinne ekstra energi brukt oppover på veg ned (Norvik, Levin et al. 2011).



Figur 13: Effekten av stigninger og fall på drivstofforbruk. (Norvik, Levin et al. 2011)

EU innførte Euro-avgasskrav til tunge kjøretøy, som setter grenseverdier for utslipp av blant annet NO_x og partikler. Kravene blir strengere og strengere, og i EURO VI som trådte i kraft i 2013, ble NO_x-utslippet redusert med 80 % og partikkelutslippet halvert i forhold til Euro V kravene som ble vedtatt og obligatoriske fra 2008. Figur 14 viser de ulike kravene til utslipp for de ulike EURO-klassene for tunge kjøretøy med dieselmotor (Samferdselsdepartementet 2013).

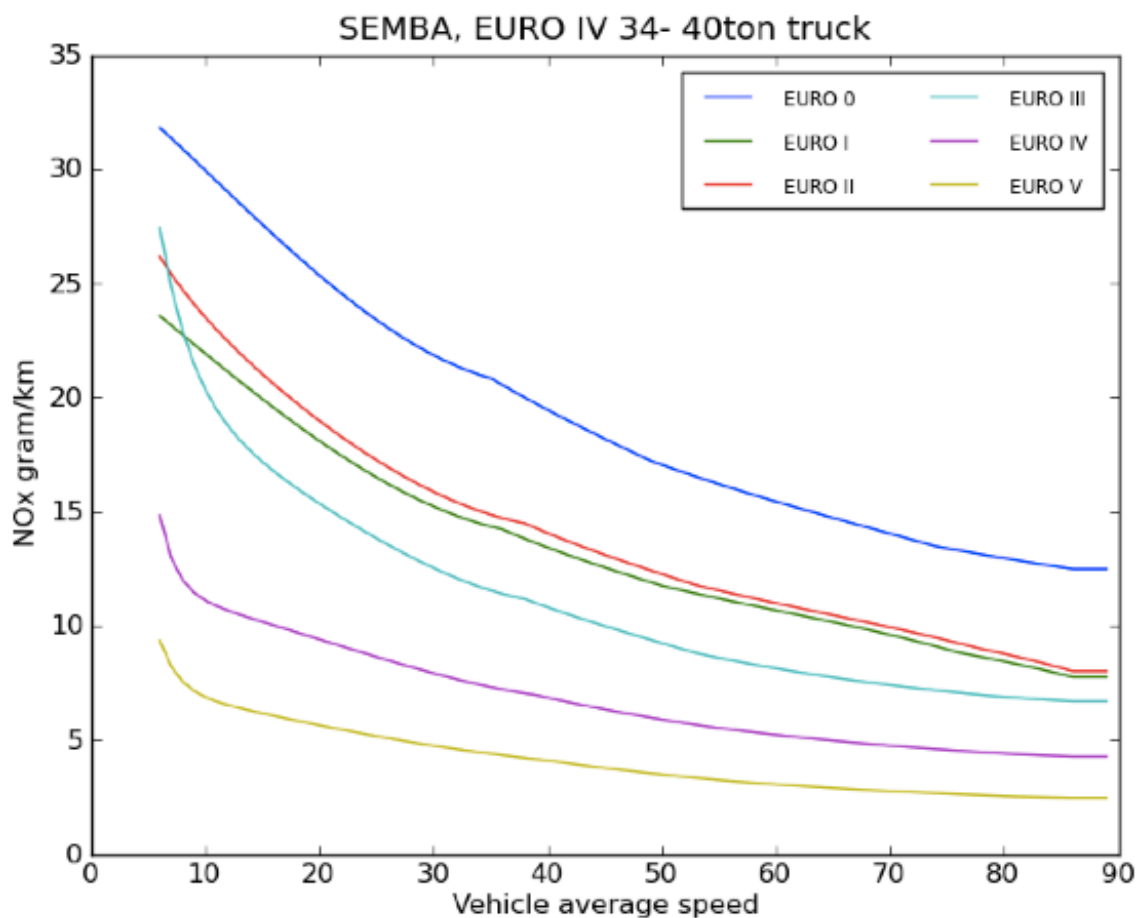
KAPITTEL 3 – TEORI OG METODE

Stage	Date	Test	CO	HC	NO _x	PM	PN	Smoke
			g/kWh					1/kWh
Euro I	1992, ≤ 85 kW	ECE R-49	4.5	1.1	8.0	0.612		
	1992, > 85 kW		4.5	1.1	8.0	0.36		
Euro II	1996.10		4.0	1.1	7.0	0.25		
	1998.10		4.0	1.1	7.0	0.15		
Euro III	1999.10 <i>EEV only</i>	ESC & ELR	1.5	0.25	2.0	0.02		0.15
	2000.10		2.1	0.66	5.0	0.10 ^a		0.8
Euro IV	2005.10		1.5	0.46	3.5	0.02		0.5
Euro V	2008.10		1.5	0.46	2.0	0.02		0.5
Euro VI	2013.01		WHSC	1.5	0.13	0.40	0.01	8.0×10 ¹¹

a - PM = 0.13 g/kWh for engines < 0.75 dm³ swept volume per cylinder and a rated power speed > 3000 min⁻¹

Figur 14: EU utslippskrav for tunge kjøretøy med dieselmotor. (DieselNet, 2014)

Figur 15 viser nitrogenoksid-utslipp (NO_x-utslipp) som funksjon av kjørehastighet og EURO-klasse. Man ser at utslippene er størst ved lav kjørehastighet, som ofte er tilfellet for tunge kjøretøy i stigning. Norvik, Levin et al. (2011) skriver imidlertid at det ikke er gitt at EURO-klassifiseringen gir et riktig bilde av utslippene i alle kjørehastigheter. Det har nemlig vist seg at leverandører har gjort endringer i forhold til NO_x-utslipp på EURO III standarden. Det har blitt utført såkalt "Cycle Beating" eller kunstig kjøresyklus (Kageson 1998). Dette går ut på at testsyklusen EU bruker for å godkjenne kjøretøyene, ikke gjenspeiler faktiske kjøreforhold fordi laboratorietesten skjer med blant annet 20 til 30 graders lufttemperatur og med lys, varme, luftkjølingsanlegg og annen elektronikk avslått. Dette er ikke alltid tilfellet når man kjører og utslippene øker om det er kaldere. I tillegg er akselerasjonene under denne testen langt svakere enn under kjøring i virkeligheten (Ramsdal 2013). Dette kommer frem i Figur 15 der man ser at kurven for EURO III stiger over kurvene for EURO I og II ved lave hastigheter som er typisk for køkjøring eller om tunge kjøretøy kommer i "krabbefart" opp stigninger.



Figur 15: NOx-utslipp som funksjon av kjørehastighet og EURO-klasse. (Norvik, Levin et al. 2011)

Kapasitet

Som nevnt akselerer tunge kjøretøy dårlig i stigninger over ca. 3 %, mens grensen for lette biler er ca. 5 %. Man kan da forvente å få større forskjeller i hastighet mellom ulike kjøretøygrupper (Moltumyr and Hovd 1993). I byen er det ikke like mange muligheter til å kjøre forbi, slik at trafikkflyten vil påvirkes og kapasiteten reduseres. *Highway Capacity Manual* er litt mer konservative og skriver at med stigning fra 2-3 %, klarer ikke tunge kjøretøy å oppføre seg likt som lette kjøretøy lenger, og de vil måtte redusere farten (Transportation Research Board 2010).

Krav i Håndbok 017

Håndbok 017 Veg- og gateutforming beskriver standardkrav for utforming av veger og gater. Her vil veger si utenfor byer og tettsteder, mens i byer og tettsteder er transportsystemet en blanding av veger og gater. Gater er først og fremst i sentrum av byer og tettsteder, men også i sentrumsnære boligområder. Veg i byer og tettsteder er mest aktuelt på lenker i et overordnet nett for avvikling av store trafikkmengder med mye gjennomgangstrafikk (Vegdirektoratet 2013).

Man har krav til maksimalstigning på grunn av sikkerhet, kjørekomfort, kapasitet og framkommelighet på vinterføre. I *Premisser for linjeføringsdelen i vegnormalene* av Moltumyr og Hovd (1993) bestemmes stigningsgradens maksimalverdier ut fra hastigheten til tunge kjøretøy ved kjøring i stigning.

I HB 017 er det standardkrav at kjørebane i gater skal ikke ha stigning større enn 8 %. Det er generelt strengere krav til stigning hvor man kan anlegge kryss og avkjørsler enn det er til stigning på fri vegstrekning. Der man kan anlegge T-kryss, er det som regel krav til maksimalstigning 5 %. Kravene til stigning på fri vegstrekning fra HB 017 er gjengitt nedenfor:

- Hovedveger: Maksimalstigning for hovedveger er generelt 6 % med unntak av hovedveger med ÅDT > 20.000 og fartsgrense 100 km/t hvor kravet er 5 %
- Øvrige hovedveger: Maksimalstigning for øvrige hovedveger er 8 %, men med reduksjon i kurver pga. krav til maksimalverdi for resulterende fall
- Samleveger: Maksimalstigning er 6 % med unntak av samleveger med ÅDT < 1500 og fartsgrense 80 km/t som har maksimal stigning på 8 %
- Atkomstveger: Maksimalstigning er 8 % ved fartsgrense 30 km/t. Ved fartsgrense 50 km/t er maksimalstigning 6 % for industriområder og 8 % i spredt bebyggelse.
- Institute of Transportation Engineers (1973) anbefaler at maksimal stigning skal være 4 % når lastebilruter skal etableres. Om det er avstander med større stigning, og over en lengre strekning, må et separat krabbefelt for tunge kjøretøy være tilgjengelig.

Metode

Data som ble brukt:

Data om stigning på de ulike vegene i Trondheim kommune er som nevnt hentet fra NVDB. Dataene er generert i perioden fra 25. Januar 2012 til 1. April 2014. Stigningsgrad er definert som høydeforskjell dividert med horisontal avstand. Stigning er oppgitt i prosent på de ulike vegene strekningsvis, hvor tallene angir gjennomsnittlig stigning på strekningen. Tallene for stigning er ikke registrert av operatør i felt, men er avledet av KurvGen som er et program for generering av kurvatur på grunnlag av digitalt kart. Primære høydedata brukes, hvor en silingsfunksjon velger ut hvor det skal oppgis gjennomsnittlig stigning. Når avvik i høydedata er større enn en gitt verdi, splittes strekningen opp i en ny forekomst som vil få en egen gjennomsnittlig verdi (Vegdata 2014).

Bruk av ArcMap:

For å velge hvilke veger som er best egnet til lastebilruter i forhold til stigning ble modulen ArcMap og NVDB-tillegget med data om stigning på vegnettet brukt. Ut ifra tilgjengelig litteratur fra de foregående kapitlene er det i denne oppgaven konkludert med at optimal stigning for lastebilruter er fra -3 % til 3 %. Siden man ikke alltid kan unngå større stigninger er det valgt å inkludere stigninger på -6 % til -3 % og 3 % til 6 % som akseptabelt. En stigning i intervallet -6 % til -8 % og 6 % til 8 % er mindre ønskelig, men akseptabelt. Stigning større enn 8 % er ikke uakseptabelt ettersom det noen steder kan være nødvendig, men det frarådes på det sterkeste. Vegene og gatene i Trondheim ble ved hjelp av Query Builder i ArcMap identifisert etter hvilket stigningsintervall de tilhørte, hvor fargene grønn, gul, oransje og rød viser henholdsvis optimal stigning, akseptabel, mindre ønskelig og frarådes. Tabell 8 oppsummerer dette. Resultatet viser et kart over Trondheim med fargekode på de ulike vegene og gatene slik at man ser hvilke veger som er best egnet til en lastebilrute.

Tabell 8: Fargekoder for ulike grader av stigning

Stigningsgrad:	Stigning / fall	Klassifiseres som:	Fargekode:
Brattere enn -8 %	Fall	Frarådes	Rød
-6 % til -8 %	Fall	Mindre ønskelig	Oransje
-3 % til -6 %	Fall	Akseptabelt	Gul
0% til -3 %	Fall	Optimalt	Grønn
0 % til 3 %	Stigning	Optimalt	Grønn
6 % til 8 %	Stigning	Akseptabelt	Gul
3 % til 6 %	Stigning	Mindre ønskelig	Oransje
Brattere enn 8 %	Stigning	Frarådes	Rød

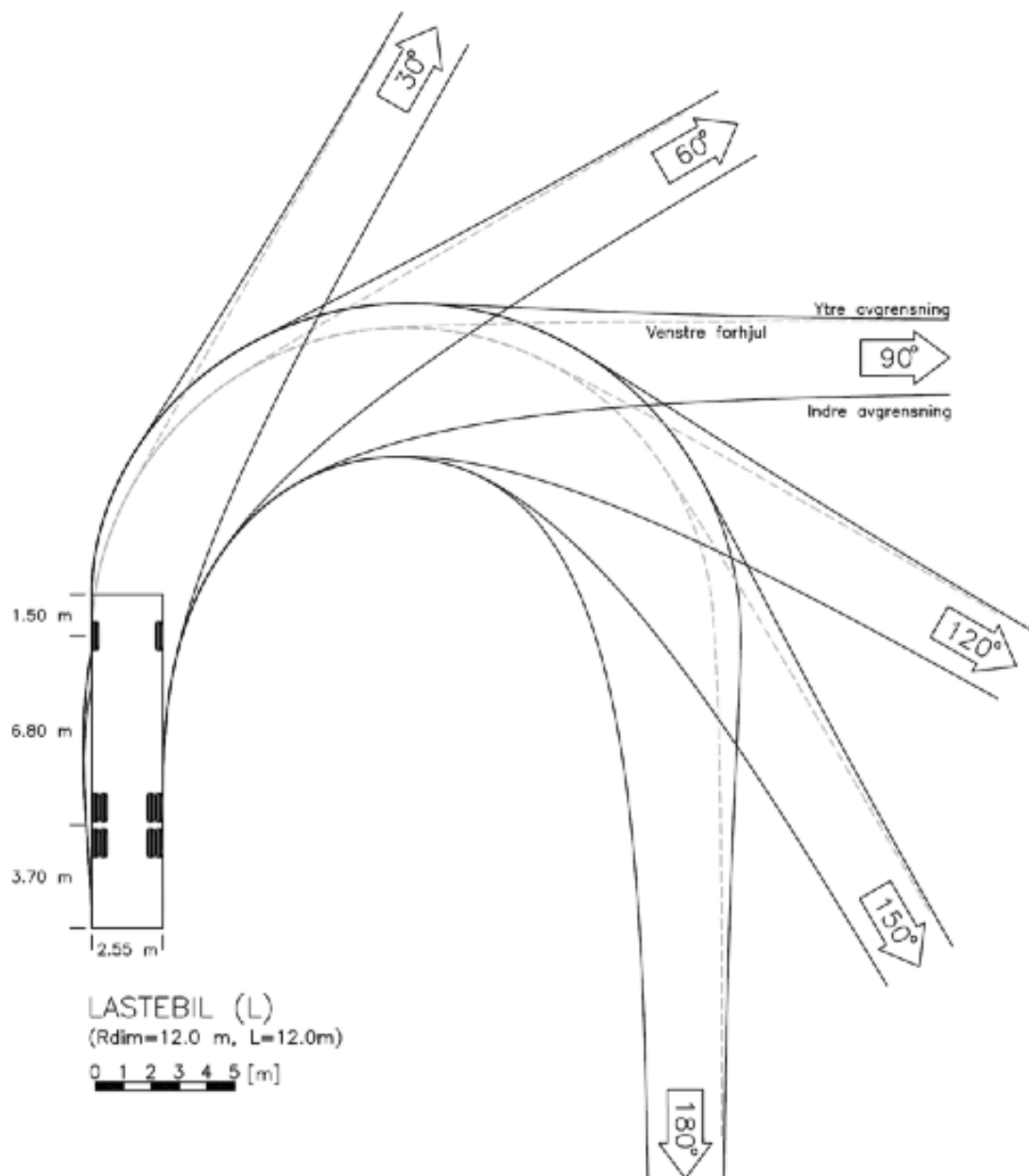
3.3.3 Betydningen av kurveradier i forbindelse med en lastebilrute

Teori

I *Håndbok 265 Premisser for geometrisk utforming av veger* - står det at det er nødvendig med breddeutvidelse i kurver ettersom et kjøretøy vil kreve mer plass når de kjører i en kurve enn på en rettlinjet veg. Særlig tunge kjøretøy trenger mye større plass i kurver enn på en rettlinjet veg siden de er lange og ofte har store akselavstander. Om de har tilhenger vil sporing mellom bil og tilhenger også føre til at de trenger større plass. HB 265 definerer sporingøkning som breddeøkningen

mellom ytre forhjul på fremre aksling, og indre bakhjul på bakaksel ved kjøring i kurve.

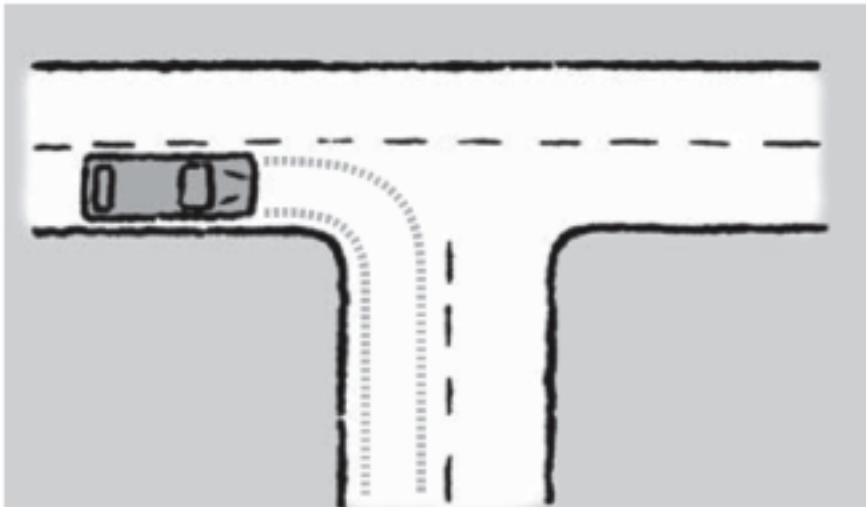
Grunnparameteren sporingsøkning inngår i beregningen av nødvendig breddeutvidelse i kurver, og skal ta vare på den delen av breddeøkningen som skyldes økt avstand mellom hjulsporene. Videre står det at grunnparameteren overheng også inngår i beregningen av nødvendig breddeutvidelse i kurver. Det er fordi deler av kjøretøyet vil henge utover hjulene når det svinger. Parameteren skal altså ta vare på breddeøkningen som skyldes at deler av kjøretøyet vil kreve plass utenfor linja som beskrives av ytre forhjul (Vegdirektoratet 2013). En trekkbil med semitrailer kan få et betydelig overheng foran på semitraileren når den svinger. Det fremre hjørnet kan da stikke mye ut i krappe svinger. I verste fall kan overhenget slå ut opptil 70 centimeter skriver Hauge og Torset (2010). Det er derfor viktig at det er god nok avstand til parkerte biler, skilt og hus som ligger inntil vegen, når det er krappe svinger. Figur 16 illustrerer hvordan en lastebil oppfører seg når den svinger. Figuren viser tydelig hvordan lastebilen bruker større plass jo krappere svingen er.



Figur 16: Sporingkurve for lastebil som dimensjonerende kjøretøy. (Vegdirektoratet 2013)

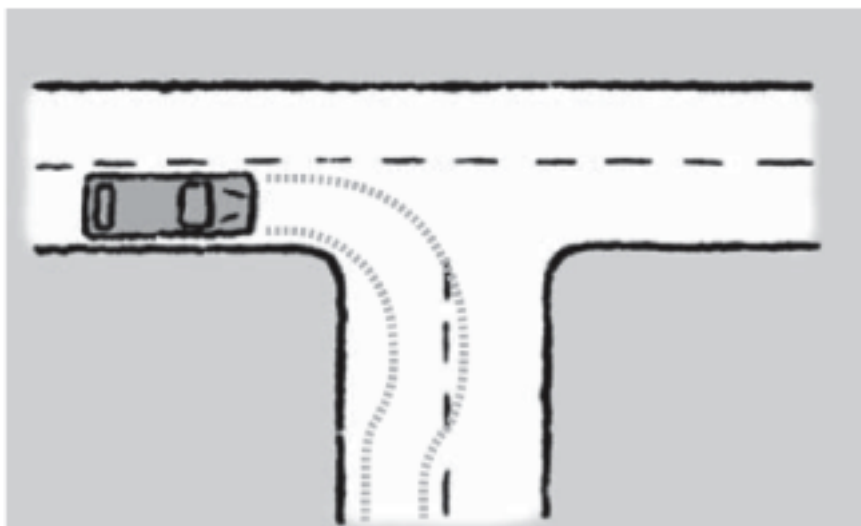
Det er ikke bare plassbehovet som kan være et problem for tunge kjøretøy i krappe svinger. Risikoen for at tilhengeren kan velte øker også ved skarpe svinger, og spesielt om tilhengeren er høyt lastet. Dette gjelder selv om man kjører med lav fart. En hel sving i 30 km/t er faktisk nok til at tilhengeren kan velte skriver Hauge og Torset (2010).

I Håndbok 017 står det at dimensjonerende svingradius for lastebil er 12 meter. På grunn av dette må tunge kjøretøy ofte "stjele" litt plass i kryss. I vegkryss, som ofte har 90 grader eller tilnærmet, må kjøretøyet gjerne ta litt plass av en annen kjørebane for å klare og kjøre gjennom krysset hevder Hauge og Torset (2010). De må enten ta litt plass i den vegen de kommer fra, eller den vegen de skal inn i, eller litt fra begge veger. Bredden på de ulike vegen samt trafikkelementer bestemmer hvilken veg man må "stjele" plass av. Det er viktig å ta hensyn til om og hvor det er skilt, trafikkøyer, møtende trafikk, siktforhold og parkerte biler i slike situasjoner. Figur 17, Figur 18 og Figur 19 viser de ulike måtene man kan kjøre på i slike kryss. Figur 18 og Figur 19 illustrerer henholdsvis kjøremåte B: at kjøretøyet må ta litt plass av motgående kjørefelt i den veg/gate kjøretøyet svinger inn i, og kjøremåte C: at kjøretøyet kan bruke hele kjørebanebredden både i den veg/gate kjøretøyet svinger av fra og i den veg/gate kjøretøyet svinger inn i. Dette er antakeligvis de mest vanlige situasjonene, eller kjøremåtene, når tunge kjøretøy skal gjennom slike kryss.



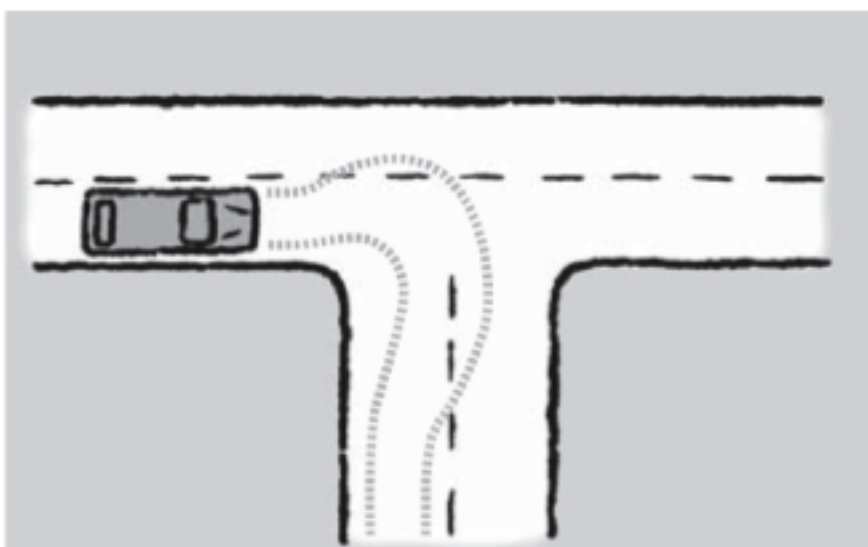
Figur 17: Kjøremåte A. (Vegdirektoratet 2013)

Ved kjøremåte A skal kjøretøyet kunne trafikere veg-/gateanlegget kun ved bruk av eget kjørefelt. Dette betyr at hele kjøretøyet, inklusiv overheng, skal kunne bevege seg innenfor sitt eget kjørefelt (Vegdirektoratet 2013).



Figur 18: Kjøremåte B. (Vegdirektoratet 2013)

Ved kjøremåte B skal kjøretøyet kunne bruke deler av motgående kjørefelt i den veg/gate kjøretøyet svinger inn i.



Figur 19: Kjøremåte C. (Vegdirektoratet 2013)

Kjøremåte C vil primært være knyttet til kryss. Ved kjøremåte C skal kjøretøyet kunne bruke hele kjørebanebredden både i den veg/gate kjøretøyet svinger av fra og i den veg/gate kjøretøyet svinger inn i.

Metode

Data som ble brukt:

Data om horisontalkurvatur, nærmere bestemt radius, på de ulike vegene i Trondheim kommune er hentet fra NVDB. Dataene er generert i perioden fra 25. Januar 2012 til 1. April 2014, hvor de ble avledet av KurvGen. KurvGen er et program for generering av kurvatur på grunnlag av digitalt kart, så dataene registreres ikke av operatører i felt. Horisontalelementene er delt inn i sirkelbue, rettlinje og klotoide. Når kurven krummer mot venstre sett i metreringsretningen, er det negativ radius, og positiv radius om den krummer mot høyre. Verdier med radius større enn 9999 eller mindre enn -9999 blir regnet som rettlinje og radius settes til 0 (Vegdata 2014).

Ettersom lastebiler ofte må stjele plass av andre kjørefelt når de skal svinge, ble det bestemt at det skulle hentes inn data om antall kjørefelt også. Dette ble også hentet via NVDB.

Bruk av ArcMap:

Ut ifra eksisterende litteratur, er det bestemt i denne masteroppgaven at radius som er mindre enn 12 meter blir for liten for lastebiler når de skal gjennom en sving. Det ble derfor utført en spørring med Query Builder hvor alle strekninger som hadde for liten radius ble valgt ut og lagret på et lag alene og fikk fargen lys rosa. Alle strekninger med radius større enn dette, eller radius lik 0, som tilsvarer rettlinje, ble lagret på et annet lag og fikk fargen grønn. Tabell 9 illustrerer dette.

Tabell 9: Fargekoder for krav til radier

Radius [meter]	Klassifisert som:	Fargekode:
$0 < \text{radius} < 12$	For liten radius	Lys rosa
Radius ≥ 12	Tilfredsstillende radius	Grønn
Radius = 0 (rettlinje)	Tilfredsstillende radius	Grønn
Radius ≤ -12	Tilfredsstillende radius	Grønn
$-12 < \text{radius} < 0$	For liten radius	Lys rosa

3.3.4 Betydningen av vegbredde og dekkebredde for en lastebilrute

Teori

Et annet sentralt begrep i forbindelse med veg- og gateutforming og egnethet for tunge kjøretøy er vegbredde. Ettersom tunge kjøretøy er bredere enn lette kjøretøy, og trenger større plass i kurver, er det viktig at dette tas hensyn til når en lastebilrute med anbefalte veger planlegges. Det er hovedsakelig ulykker og fremkommelighet knyttet til tunge kjøretøy som blir påvirket av for smal vegbredde.

Det er selvforklarende at det kan oppstå problemer og større risiko for ulykker når en bred lastebil kjører på en smal veg og møter andre kjøretøy. Om vegen er for smal er det ikke forsvarlig at to kjøretøy møtes uten å senke hastigheten sin eller stoppe helt opp. Et vogntog forårsaker stor luftbevegelse, eller turbulens. Dette kan føre til farlige situasjoner for andre trafikanter om avstanden mellom de og vogntoget ikke er stor nok. Særlig syklistene og personbiler med campingvogn kan bli påvirket i stor grad om et vogntog kjører forbi. I følge Hauge og Torset (2010) kan et vogntog faktisk skape så stor turbulens at en campingvogn kan bli påvirket av luftsugget og få sleng som resulterer i en utforkjøring. Med tanke på syklistene og fotgjengere kan

luftbevegelsen eller turbulensen vogntog genererer når de passerer, føles ubehagelig og skape en utrygghetsfølelse. Dette blir forsterket jo nærmere de passerer. De fleste har antakeligvis selv merket disse kreftene på kroppen når de ferdes ute i trafikken som myk trafikant. Et annet aspekt som er verdt å nevne er at lastebiler og tilhengere med luftfjæring krenger mer enn andre kjøretøy. Dette kan føre til farlige situasjoner når de kjører i smale gater og kan komme i kontakt med bygningene og omgivelsene rundt (Hauge and Torset 2010).

Vegutformingen, i dette tilfellet bredden, har betydning for bæreevne og skadeutvikling nær vegkant. Målinger utført viser at avstanden en last har fra vegkanten, som er avhengig av kjørebanebredden og særlig skulderbredden, er av stor betydning for kantskadeutvikling. Det er utført flere feltmålinger som indikerer en tydelig tendens til at bæreevnen minker betraktelig ut mot vegkanten, og at vegkonstruksjonen er svakere ved vegkant etter tungtrafikkpasseringer (Aksnes 2002). Det er dermed en fare for at vegen kan svikte og kjøretøyet kan rase utfor, om en tung lastebil kjører for langt ut på kanten på en smal veg (Hauge and Torset 2010).

Veger dimensjoneres etter kjøretøy, hvor lastebil som dimensjonerende kjøretøy normalt skal kunne trafikkeres av kjøretøy med bredde på inntil 2,55 meter. Når vogntog er dimensjonerende kjøretøy skal vegen normalt kunne trafikkeres av kjøretøy med bredde på inntil 2,6 meter (Vegdirektoratet 2013). Dette er kjøretøybredden til henholdsvis lastebil og vogntog, men ekskludert sidespeil. Inkludert sidespeil, er en lastebil 3,20 meter bred (Tysnes 2012). Det er viktig å ta hensyn til denne ekstra bredden slik at det blant annet er mulig for lastebiler å møte hverandre uten at farlige situasjoner oppstår.

Håndbok 017 opplyser at i *gater* skal vegbredde være 4 meter (kjørebanebredde 3,5 meter) når det er ett kjørefelt. Når det er gate med to kjørefelt, varierer vegbredden mellom 6 meter, 6,5 meter og 7 meter avhengig av ÅDT, tungbilandel og fartsgrense. Se Tabell 10 som oppsummerer dette.

Tabell 10: Vegbredder og kjørebanebredder i gater. (Vegdirektoratet 2013)

Antall kjørefelt	Fartsgrense og ÅDT	Vegbredde [meter]	Kjørebanebredde [meter]
1	Fartsgrense 30 km/t ÅDT <300	6	3,5
2	Fartsgrense 30-40 km/t ÅDT 0-4000 ÅDT tunge < 100	6	2,75
2	Fartsgrense 30-40 km/t ÅDT 0-4000 ÅDT tunge > 100 eller ÅDT 4000-15000 Fartsgrense 50 km/t ÅDT 0-8000	6,5	3
2	Fartsgrense 50 km/t ÅDT 8000-15000	7	3,25
4	Fartsgrense 30, 40 eller 50 km/t ÅDT >15000	12,5	3

Vedlegg B viser i tabell fra HB 017 hvilke vegbredder og kjørebanebredder som gjelder for de ulike type vegene. Hovedsakelig er vegbreddene på hovedveger og øvrige hovedveger med to felt 6,5 meter, 7,5 meter og 8,5 meter, hvor kjørebanebreddene er henholdsvis 2,75 meter, 3 meter og 3,25 meter (Vegdirektoratet 2013).

Som allerede nevnt, trenger tunge kjøretøy større plass både på rett vegstrekning og i kurver. Spesielt i rundkjøringer, svinger og vegkryss krever de større plass enn på en rettlinjert veg på grunn av deres lengde, bredde og sporing mellom bil og tilhenger. Siden de er så lange og gjerne har lange akselavstander bruker de mye større plass når de svinger enn lette kjøretøy gjør. Dette fører til at man behøver breddeutvidelse av vegen i kurver.

Metode

Data som ble brukt:

Data om vegbredde på de ulike vegene i Trondheim kommune er hentet fra NVDB. Det varierer hvilke data man får oppgitt, men vanligvis er det bredde på dekke, kjørebanebredde og/eller total vegbredde i meter. Dekkebredde angir total dekkebredde eksklusiv eventuell fysiske trafikkdelere. Kjørebanebredde angir kjørebanebredden som summen av bredden for hver kjørebane. Bredden på hver kjørebane er avstanden mellom midtpunktet på hver av kantlinjene. Total vegbredde er avstand mellom ytterkant skulder. Dersom skulder er asfaltert, er dette avstanden mellom asfaltkantene eller kantstein. Dersom hele/deler av skulder ikke er asfaltert, er dette avstand mellom punktene hvor skulderen knekkes mot grøften (Statens vegvesen 2014). Dataene er generert i perioden fra 26. Juni 2013 til 1. April 2014. Målemetoder som er brukt for de ulike vegene er måling i felt, beregning fra laserdata (dekketilstand), målinger i kart/ortofoto, beregning fra kartdata (FKB) og bruk av anslått verdi. Flere av dataene kommer fra VegReg, som er Statens vegvesen sitt hovedverktøy til å registrere og kontrollere data langs veg. Registrering skjer ved at en eller flere personer reiser ut med bil og pc, samt GNSS . I bilen registreres data etter hvert som man beveger seg langs vegnettet. Det er også mange av vegbreddene som er overført fra PMS/Dekke hvor PMS (Pavement Management System) er

Statens vegvesens planleggingssystem for vedlikehold eller er generert fra Tverrprofilobjektet (Statens vegvesen 2013).

Etter litt arbeid med dette, viste det seg at det kun var parameteren ”dekkebredde” som var oppgitt for alle vegene. Av denne grunn ble det valgt å kun bruke denne parameteren i forbindelse med bredde, i arbeidet videre. Dette ble gjort for at forholdene skulle være så like som mulig for alle vegene, og for å forenkle arbeidet.

Bruk av ArcMap:

Ut ifra den eksisterende litteraturen om vegbredder og lastebiler, er det bestemt at det i denne masteroppgaven skal være et krav om en vegbredde på 4 meter og mer. For å identifisere hvilke veger som har tilfredsstillende vegbredde på 4 meter og mer, ble det utført en spørring. Som nevnt ble parameteren ”dekkebredde” brukt her. Alle veger med tilfredsstillende dekkebredde ble valgt ut, lagret på et eget lag og fikk fargen grønn. Det samme ble gjort med vegene med dekkebredde mindre enn 4 meter. Disse fikk fargen rød, som Tabell 11 viser.

Tabell 11: Fargekoder for krav til dekkebredde/vegbredde

Dekkebredde [meter]	Klassifisert som:	Fargekode:
Dekkebredde ≥ 4	Tilfredsstillende vegbredde	Grønn
Dekkebredde < 4	For smal vegbredde	Rød

Det viste seg imidlertid at dataene om dekkebredde ikke var fullstendige. Det var kun tilgjengelig data om dekkebredde på de største vegene, og veldig få kommunale veger, som ofte er de smaleste. Av den grunn ble det valgt å se på antall kjørefelt i tillegg.

3.3.5 Betydningen av antall kjørefelt i forbindelse med en lastebilrute

Teori

Ettersom det var vanskelig å vite bredder på de kommunale vegene, ble det undersøkt hvor mange kjørefelt det var i stedet. Dette ble gjort for å få en indikasjon om hvor det kunne være kritisk. Det er spesielt i forbindelse med lastebiler som svinger dette er viktig. Som nevnt i Kapittel 3.3.3 må ofte lastebiler ”stjele” litt plass for å klare svingen. Da er det viktig at det er plass tilgjengelig, altså brede nok veger eller nok kjørefelt. Dette er ikke en optimal løsning da dette feltet tilhører andre kjøretøy. Det kan være at andre kjøretøy må bremse eller stoppe opp og vike for lastebiler som må bruke deres felt når de skal svinge, men det er bedre at de tar denne plassen enn at de kjører på fortauet.

Metode

Data som ble brukt:

Data om antall kjørefelt ble hentet inn via NVDB-tillegget i ArcMap. Programtillegget anga hvor mange kjørefelt, svingefelt og kollektivfelt det var på strekningene.

Bruk av ArcMap:

For å identifisere hvor det var nok plass tilgjengelig for en lastebil som skal svinge, og hvor det kunne bli kritisk, ble det valgt å skille mellom der det var kun ett kjørefelt, og der det var to eller flere kjørefelt. Strekningene som ble klassifisert som ”Ett kjørefelt” inkluderer også de strekningene der det er ett kjørefelt og i tillegg et svingefelt. Strekninger hvor det kun er kollektivfelt har også blitt registrert som ett kjørefelt. Der det er registrert to eller flere kjørefelt må det være minimum to kjørefelt som ikke er kollektivfelt, men utenom dette kan det være kollektivfelt i tillegg. Strekninger med ett kjørefelt ble identifisert via spørringer i Query Builder og fikk fargen lilla. Disse ble lagret på et eget lag. Dette illustreres i

Tabell 12. Strekninger med to eller flere kjørefelt, som er det mest ønskelige ble identifisert på samme måte, og fikk fargen grønn.

Tabell 12: Fargekoder for antall kjørefelt

Antall kjørefelt	Klassifisert som:	Fargekode:
To eller flere kjørefelt	To eller flere kjørefelt	Grønn
Ett kjørefelt	Ett kjørefelt	Lilla

3.3.6 Betydningen av høyderestriksjoner i forbindelse med en lastebilrute

Teori

Krav til fri høyde for overordnede veger og gater er 4,7 meter. Når bruer over veg eller bruer med overliggende bæresystem, skal prosjekteres skal det legges inn en sikkerhetsmargin på 0,2 meter til kjøretøyets høyde på 4,5 meter I tillegg skal det legges inn byggetoleranser på 0,1 meter og en toleranse for vedlikehold av slitelag på 0,1 meter. Dermed bli krav til minste fri høyde ved prosjektering av overgangsbruer 4,9 meter. Fri høyde i tunneler skal normalt være 4,6 meter. Disse kravene oppsummeres i Tabell 13. (Vegdirektoratet 2009, Vegdirektoratet 2010, Vegdirektoratet 2013).

Tabell 13: Krav til høyder ved prosjektering

Element	Krav
Hovedkrav for overordnede veger og gater	4,7 meter
For bruer over veg eller bruer med overliggende bæresystem	4,9 meter
Tunneler	4,6 meter

Metode

Data som ble brukt:

Høydebegrensninger hentet inn via NVDB-tillegget. De var oppgitt med en ID for type hinder i stedet for tekst. Det måtte da undersøkes hva de ulike ID'ene sto for. Hva ID for ulike type hinder sto opplyst i en produktspesifikasjon i datakatalog for Statens vegvesen (vegvesen 2014). Det viste seg at det var høydebegrensninger pga. tunnel og bru som var aktuelt i Trondheim.

Bruk av ArcMap:

Ved hjelp av Query Builder ble det utført en spørring med ID for type hinder for å identifisere hvor ulike høydebrestriksjoner i Trondheim befinner seg. Etersom krav til minste fri høyde ved prosjektering av overgangsbruer er 4,9 meter, og 4,6 meter for tunneler, blir disse kravene brukt i denne masteroppgaven. Strekninger med en høydebegrensning pga. tunnel som er lavere enn 4,6 meter ble identifisert, lagret på et eget lag og gitt fargen turkis/blå. Det samme ble gjort med strekninger med en høydebegrensning pga. bru som er lavere enn 4,9 meter. Disse ble gitt fargen knallblå. Tabell 14 illustrerer dette.

Tabell 14: Fargekoder for høydebegrensninger

Høydebegrensning [meter]	Type hinder:	Klassifisert som:	Fargekode:
Skiltet høyde < 4,6	Tunnel (ID=8150)	Høydebegrensning pga. tunnel	Turkis/blå
Skiltet høyde < 4,9	Bru-stag (ID=8149)	Høydebegrensning pga. bru	Knallblå

3.3.7 Betydningen av gågater i forbindelse med en lastebilrute

Teori

I gågater er gjerne vareleveringen tidsregulert i et snevert tidsvindu. Gågater stenger normalt for levering klokken 11.00. Et problem for transportørene og mer spesielt sjåførene er at gaten møbleres med faste og løse elementer som hindrer fremkommelighet. I tillegg er det større risiko for ulykker når lastebiler skal kjøre i de samme gater som myke trafikanter beveger seg (Vegdirektoratet 2005).

Metode

Innsamlet data og bruk av ArcMap:

Gågater lå som en egen shape-fil i NVDB-tillegget, slik at dette var bare å laste rett inn i mitt ArcMap-dokument. Gågater i Trondheim blir illustrert som rosa strekninger, vist i Tabell 15.

Tabell 15: Fargekoder for gågater

Klassifisert som:	Fargekode:
Gågate	Rosa

3.3.8 Betydningen av vekt- og lengderestriksjoner i forbindelse med en lastebilrute

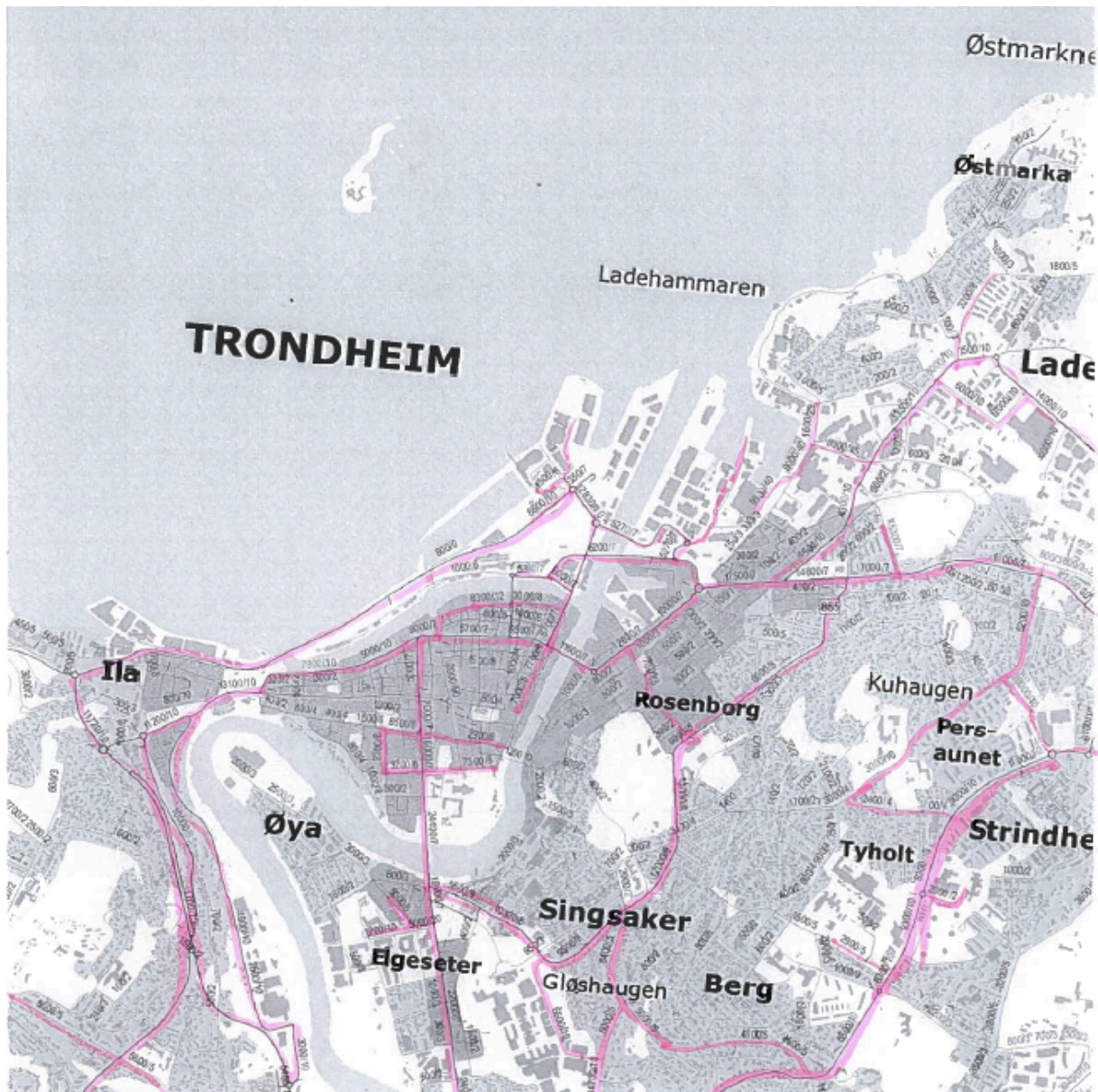
Teori

Det er begrenset hva veger og bruer tåler av belastninger, og det varierer fra veg til veg. Derfor er det regler for hvor stor aksellast og totalvekt kjøretøy kan ha. Det er også regler på hvor lange og brede kjøretøy kan være. Dette oppgis i *veglistene*, som gir en total oversikt over hvilke begrensninger som gjelder på hvilke veger. Det utgis tre ulike veglister: *Vegliste for riksveger* (rosa liste) som gjelder for vanlig buss- og godstransport og bruk av tømmervogntog og modulvogntog. Den andre er *vegliste for spesialtransport* (grå liste) som gjelder dispensasjoner fra regler om lengde, bredde, høyde og vekt. Den tredje er *veglister for fylkesveger og kommunale veger* (blå liste) som gjelder både for normaltransport og spesialtransport. Denne utgis som én liste pr. fylke. Disse veglistene er en del av *Forskrift om bruk av kjøretøy*, men utgis som separate forskrifter som oppdateres og utgis årlig (Statens vegvesen 2014).

Det ble ikke funnet noen data forbindelse med dette som kunne brukes i ArcMap. Dette står i veglistene, slik at dette må man lete frem manuelt. Dette var planlagt å gjøre, men ble ikke gjort i denne oppgaven på grunn av tidsmangel. Dette burde gjøres ved videre arbeid.

3.4 Metode for å finne ut årsdøgntrafikk (ÅDT) for tunge kjøretøy i Trondheim

For å innlede er årsdøgntrafikk, ÅDT, summen av antall kjøretøy som passerer et punkt på en vegstrekning (for begge retninger totalt) gjennom året, dividert på 365 dager. Det er altså gjennomsnittlig trafikkmengde per døgn. For å identifisere hvilke vegstrekninger som førte en stor andel tunge kjøretøy, ble det brukt totale ÅDT-registreringer og manuelle beregninger. I denne oppgaven ble en stor andel kjøretøy definert som 100 eller flere tunge kjøretøy i døgnet. Av data om ÅDT i Trondheim, ble det brukt et kart i PDF-format som viste total ÅDT på ulike strekninger. Kartet viste i tillegg hvor mange prosent av den totale ÅDT som var tunge kjøretøy. Det ble dermed beregnet hvilke vegstrekninger som hadde 100 eller flere tunge kjøretøy i døgnet. Disse ble dermed merket med rosa, som vist i Figur 20.



Figur 20: Rosa strekninger viser ÅDT for tunge kjøretøy lik 100 eller mer i Trondheim

3.5 Oppsummering

Når alle dataene som er nevnt i delkapitlene ovenfor ble lagret i samme dokument, ble det mulig å analysere kartene som ArcMap produserte av dataene. I ArcMap kan man skru lag av og på slik at man kan velge hvilke lag som skal synes og ikke. Dette ble gjort for å vise ulike parametere alene og sammen. For eksempel ble dette gjort for å vise hvor næringsbygg og boliger lå i forhold til hverandre. Det gjør det også mulig å vise om vegene som er i nærheten av næringsvirksomhet og terminaler hvor lastebiler skal kjøre mye, har tilfredsstillende bredde og radius. Det ble lagt mest fokus på områder hvor bygninger som er sårbare ovenfor godstrafikk, og bygninger

som genererer godstrafikk er i nærheten av hverandre. Deretter ble det sett på ulike parametere alene og sammen i disse områdene. Dette ble gjort for å se hvor det er eventuelle problemområder, og hvor ting fungerer bra. Kart av dette ble laget med tegnforklaring og målestokk. De ulike kartene ble også sett opp imot kart med ÅDT-registreringer, for å se hvilke vegstrekninger lastebilene faktisk kjører på.

3.6 Vurdering av metoden

All litteratur som er brukt i forhold til å utvikle parametere til en lastebilrute kommer fra pålitelige kilder som standarder, artikler fra journaler, pensumbøker, offentlige rapporter og konferanseartikler. Det er brukt noen etablerte internettsider, men disse vet jeg er pålitelige kilder. Eksempler på dette er internettsidene til Statens vegvesen, ESRI, Vegdata og Statkart.

Dataene som er brukt kommer fra pålitelige kilder, og er ganske nøyaktige og oppdaterte. I tillegg til dette er den benyttede modulen ArcMap en anerkjent modul. ArcMap er godt kjent blant mange, og det gir en god etterprøvbarehet så lenge man har tilgang til dataene. Resultatene er visuelt enkle å tyde, og gir mye informasjon med få ord.

Det er mange veger, særlig kommunale veger hvor det ikke er oppgitt data om vegbredde/dekkebredde. Det har vært undersøkt om Statens vegvesen eller Trondheim kommune er i besittelse av disse dataene, men det har ikke kommet frem. For å få et optimalt resultat burde alle vegbredder/dekkebredder vært med i analysen. Det er en mulighet for å finne alle vegbreddene for de kommunale vegene ved å gå ut å måle alle vegene manuelt, eller bruke kartfunksjonen til FINN.no med tilhørende måleverktøy, men dette er arbeidskrevende og tar lang tid. Det er det dessverre ikke tid til i denne masteroppgaven, men disse dataene bør samles inn og lagres slik at man kan ha med disse i analyser ved videre arbeid.

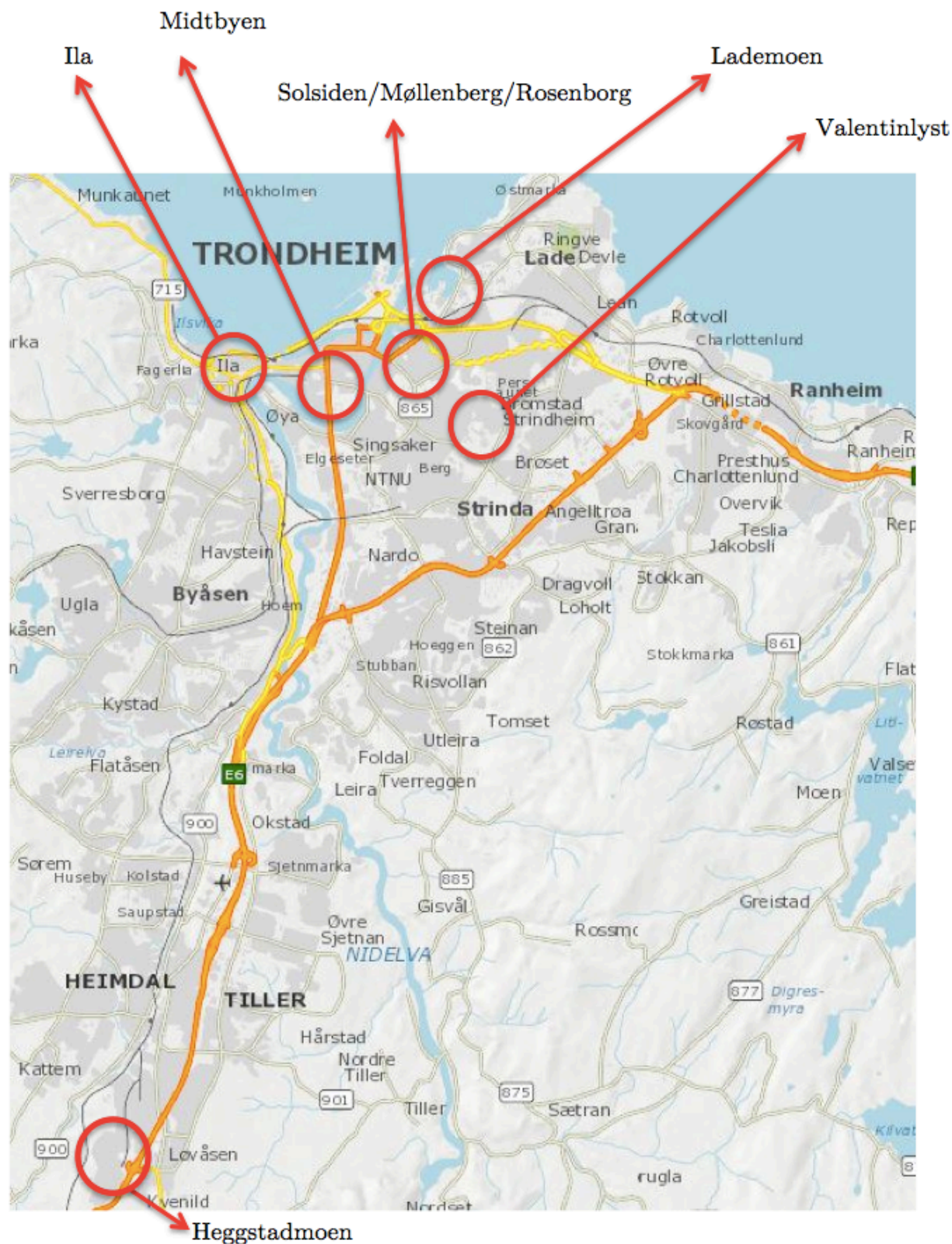
Det er heller ikke digitalt tilgjengelige data om lengde- og vektrestriksjoner som kan brukes i ArcMap. Ved å inkludere slike data kan analysen forbedres.

En usikkerhet ved resultatene er at det ikke er forhåndsbestemt hvilke byggtyper som er i hvilken kategori (Boliger, Skoler, barnehager, sykehus, eldreheim o.l., Industri og butikker o.l. eller terminaler), men at dette må bestemmes selv. En feilkilde som kan forekomme da er for eksempel at ikke alle som blir plassert i kategorien ”næringsvirksomhet” har leveranser ofte. Da genereres det ikke så mye lastebiltrafikk som det vil se ut som på kartene. Et annet eksempel er at ikke alle områder som er sårbare har blitt registrert som sårbare.

KAPITTEL 4 – RESULTATER

I dette kapitlet presenteres resultatene som har kommet fra arbeidet i dataprogrammet ArcMap. Disse resultatene vil diskuteres videre i neste kapittel.

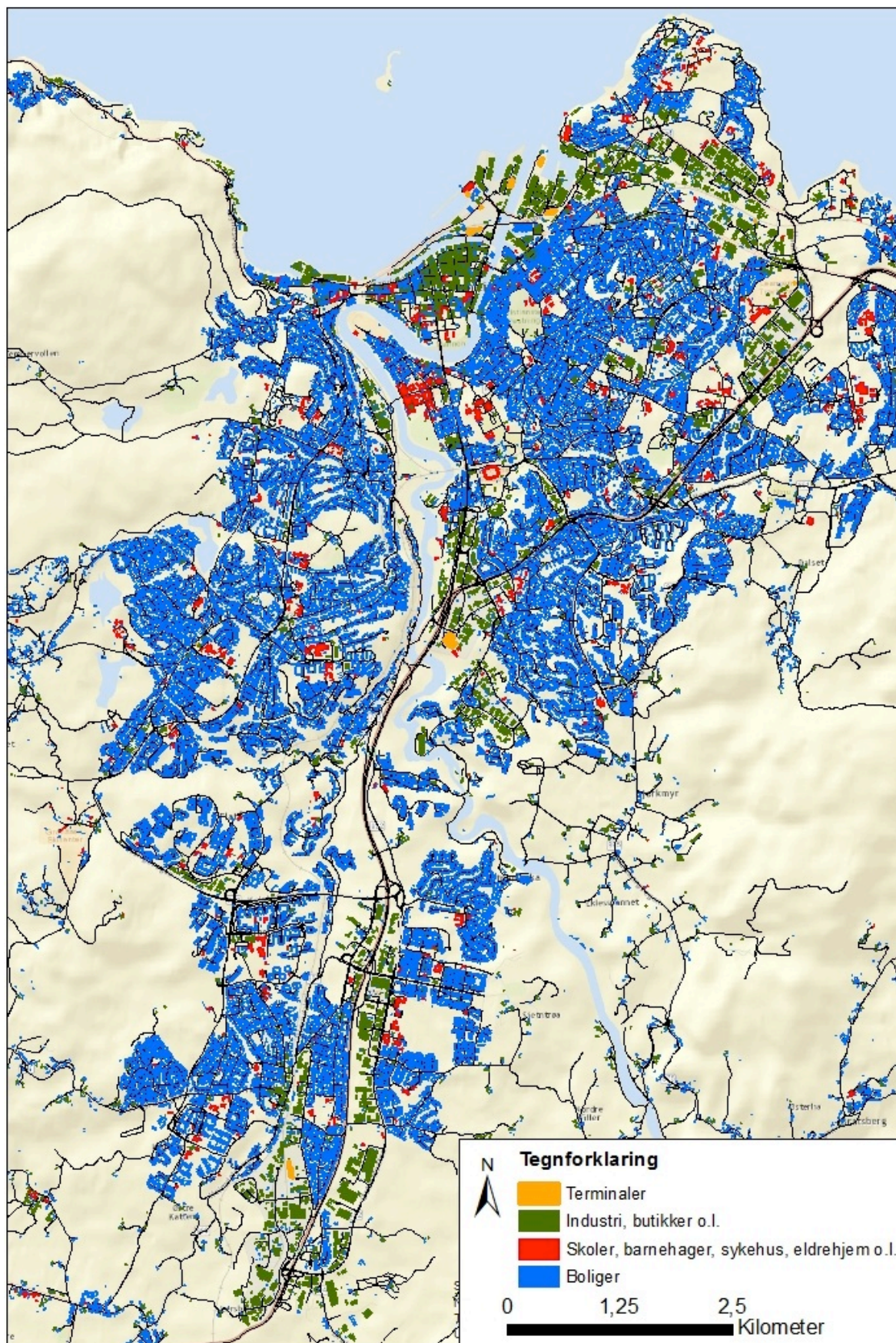
Det er viktig å skaffe seg en oversikt over området som har blitt studert, som i denne masteroppgaven er Trondheim. Figur 21 viser et kart av Trondheim, hentet fra Vegkart (Statens vegvesen 2014). Som nevnt i Kapittel 1.3 kommer mesteparten av trafikken inn mot sentrum fra E6 i nord og sør, som vises med gul/oransje linje i Figur 21. Dette vil bli tatt hensyn til i vurderinger videre. I dette kapitlet vil det først vises oversiktsbilder over de ulike resultatene, deretter vil det vises forstørrede bilder av enkelte utvalgte områder. Dette er områder som er av spesiell interesse i forhold til lastebiltrafikk. Disse områdene er Ila, Solsiden/Møllenberg/Rosenborg, Lademoen, Heggstadmoen, Valentinlyst og Midtbyen. Figur 21 viser hvor disse områdene befinner seg i Trondheim.



Figur 21: Kart over Trondheim/studieområdet. (Statens vegvesen 2014)

4.1 Oversikt over ulike typer bygninger

For å være i stand til å foreta en vurdering av hvilke vegger som er best egnet for godsbiler, er det viktig å danne seg en oversikt over hvor ulike bygninger er plassert i studieområdet. Med dette menes det hvor ulike bygninger som tiltrekker seg godstrafikk, og bygninger eller områder som er sårbare ovenfor godstrafikk befinner seg. Dette er bygg som næringsbygg, godsterminaler, boliger, skoler, barnehager, sykehus og lignende. En inndeling av disse, med fargekoder, vises i Figur 22.



Figur 22: Oversikt over type bygninger i Trondheim.

Grønne bygninger i Figur 22 representerer industri, butikker og næring som krever hyppige leveranser. Bygninger med gul farge representerer godsterminaler og postterminaler hvor det går godsbiler til og fra flere ganger om dagen. Røde bygninger representerer bygninger, eller rettere sagt områder, som er sårbare ovenfor godstransport. Dette er bygninger som skoler og barnehager hvor barn ferdes, og eldrehjem, sykehus og lignende. Her ligger også lekeparker og idrettsbaner under. Bygninger med blå farge er boliger, fritidsboliger og tilhørende bygg. Man ser at på de utvalgte områdene Ila, Solsiden/Møllenberg/Rosenborg, Lademoen, Heggstadmoen, Valentinlyst og Midtbyen er det mange næringsbygg (grønne bygninger) og godssterminaler (gule bygninger) rett i nærheten av boliger (blå bygninger) og andre bygninger som er sårbare ovenfor lastebiltrafikk (røde bygninger). Dette er grunnen til at nettopp disse områdene ble valgt ut til å studere nærmere, ettersom dette skaper konflikter. Det skaper konflikter i forhold til at man ikke vil ha lastebiler i boligområder, eller nær sykehus, barnehager, skoler etc, men de må kjøre i disse områdene når det er næringsbygg og terminaler der som krever hyppige leveranser. For at resultatene skal bli mer oversiktlige og lettere å lese vil jeg på de neste sidene vise de ulike bygningstypene hver for seg på hvert sitt kart.

4.1.1 Næringsbygg

Resultatet i Figur 23 viser at det er mye næringsvirksomhet i områdene Heggstadmoen, Heimdal, Tiller, Rosten, Flatåsen, Fossegrenda, Sluppen, Sorgenfri, Midtbyen, Brattøra, Lademoen, Lade, Tyholt, Leangen og Tunga.

4.1.2 Boliger

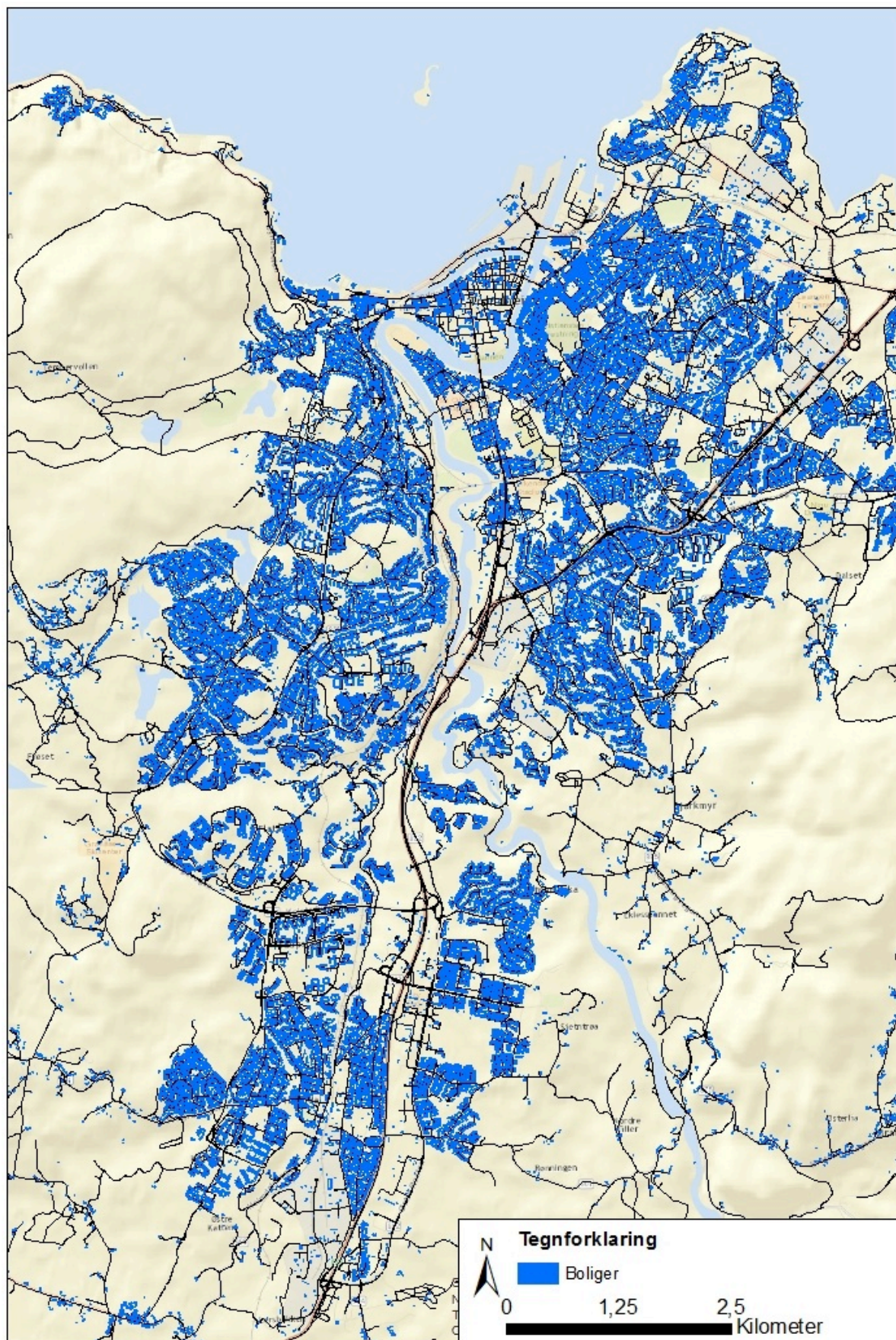
Figur 24 viser at det er boliger i stort sett hele studieområdet, men med sterkere konsentrasjoner enkelte steder. Eksempler på steder hvor det er stor konsentrasjon av boliger er Kattem, Heimdal, Tiller, Tonstad, Sjetnmarka, Kolstad, Saupstad, Flatåsen, Ugla, Byåsen, Ila, Sverresborg, Fossegrenda, Sorgenfri, Risvollan, Nardo, Strinda, Strindheim, Charlottenlund, Singsaker, Øya, Midtbyen og Lade.

4.1.3 Områder som er sårbare ovenfor godstrafikk

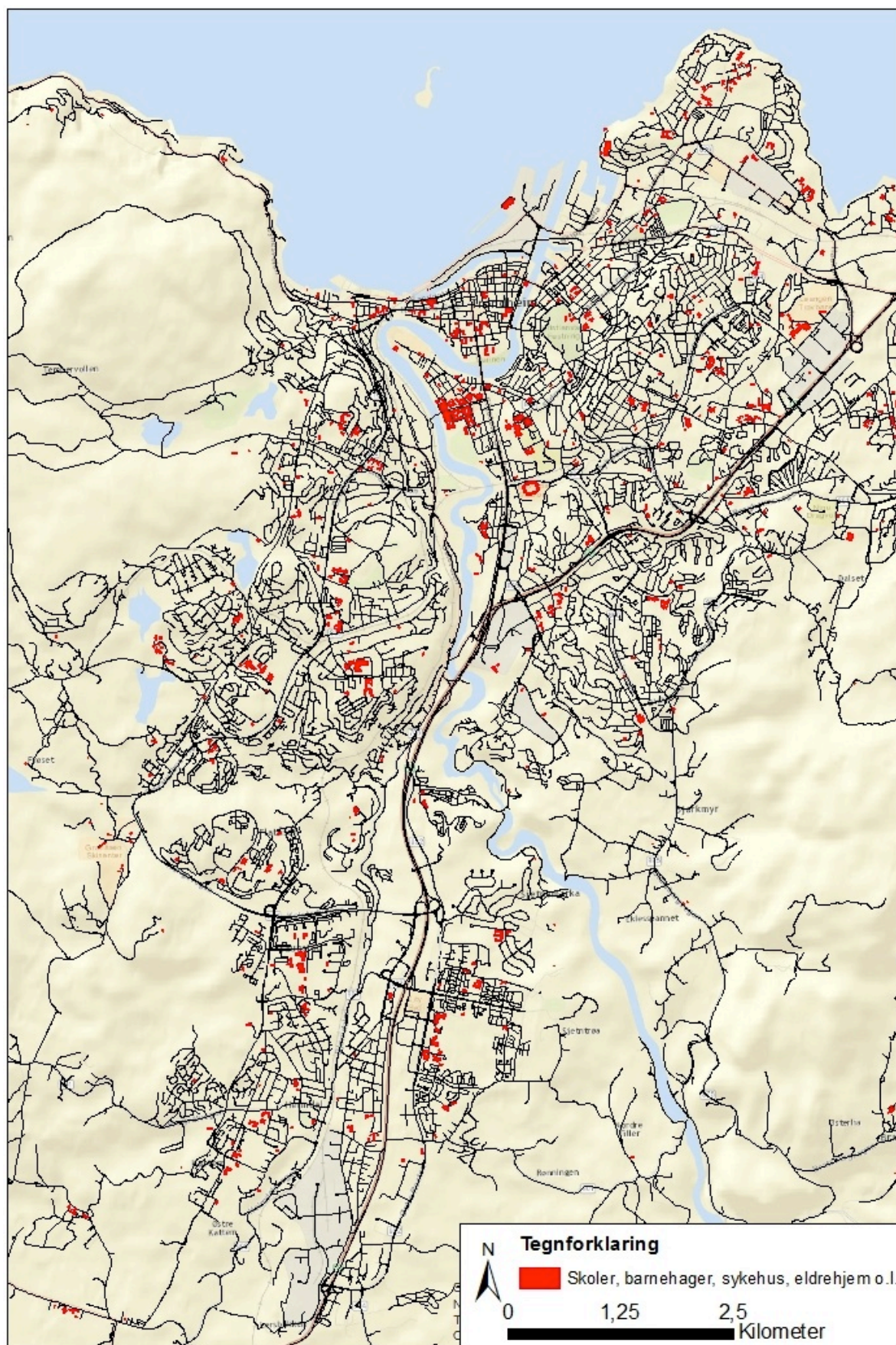
Områder som er sårbare ovenfor godstrafikk vises som røde områder på Figur 25. Disse områdene er hovedsakelig de samme som der det er boligområder. Dette er eksempelvis Kattem, Heimdal, Tiller, Sjetnmarka, Kolstad, Sluppen, Flatåsen, Uгла, Byåsen, Ila, Sverresborg, Risvollan, Nardo, Nidarvoll, Brøset, Tyholt, Skovgård, Granåsen, Singsaker, Øya, Midtbyen og Lade.

4.1.4 Gods- og postterminaler

De gule bygningene på Figur 26 viser gods- og postterminaler som genererer mye lastebiltrafikk. Disse befinner seg på Sluppen, Brattøra og Lademoen.



Figur 24: Boliger i Trondheim



Figur 25: Områder som er sårbare ovenfor godstrafikk i Trondheim



Figur 26: Gods- og postterminaler i Trondheim

4.1.5 Utvalgte konfliktområder

For å gjøre resultatene mer tydelige og lettere å lese vil de vises forstørret i områdene nevnt i begynnelsen av Kapittel 4. Dette er hovedsakelig områder hvor bygninger som er sårbare ovenfor lastebiltrafikk er i nærheten av næringsbygg som genererer lastebiltrafikk slik at de er i konflikt med hverandre. Dette er gjort ved å undersøke hvilke type næring det er, hvor de som genererer mest lastebiltrafikk er valgt ut

Ila

Figur 27 viser hvor ulike typer bygg befinner seg i forhold til hverandre på Ila. Man ser av figuren at det flere steder på Ila er næringsbygg (grønne bygninger) tett ved boliger (blå) og andre bygninger som er sårbare ovenfor lastebiltrafikk (rød).

Solsiden/Møllenberg/Rosenborg

På Figur 28 vises bygningsfordelingen på Solsiden/Møllenberg/Rosenborg. Man ser av figuren at det er hovedsakelig boliger og næringsbygg det er konflikt mellom, men det er også noen skoler og lignende i nærheten av næringsbyggene. Det er spesielt mye næring og boliger ved hverandre på Solsiden. På Møllenberg og Rosenborg er det litt mindre.

Lademoen

Hvor ulike bygningstyper ligger i forhold til hverandre på Lademoen illustreres på Figur 29. Her ser man at terminalene ligger i industriområdet, og industriområder og boligområder er ganske adskilt. Det er allikevel noen næringsbygg tett ved boliger.

Heggstadmoen

Figur 30 viser hvor de ulike bygningene befinner seg i forhold til hverandre på Heggstadmoen. Også her er områdene mest adskilt fra hverandre, men det er noen næringsbygg i typiske boligområder. Figuren viser at selv om de ulike områdene er adskilt, ligger de fortsatt veldig nær hverandre, det er gjerne veger som skiller de.

Valentinlyst

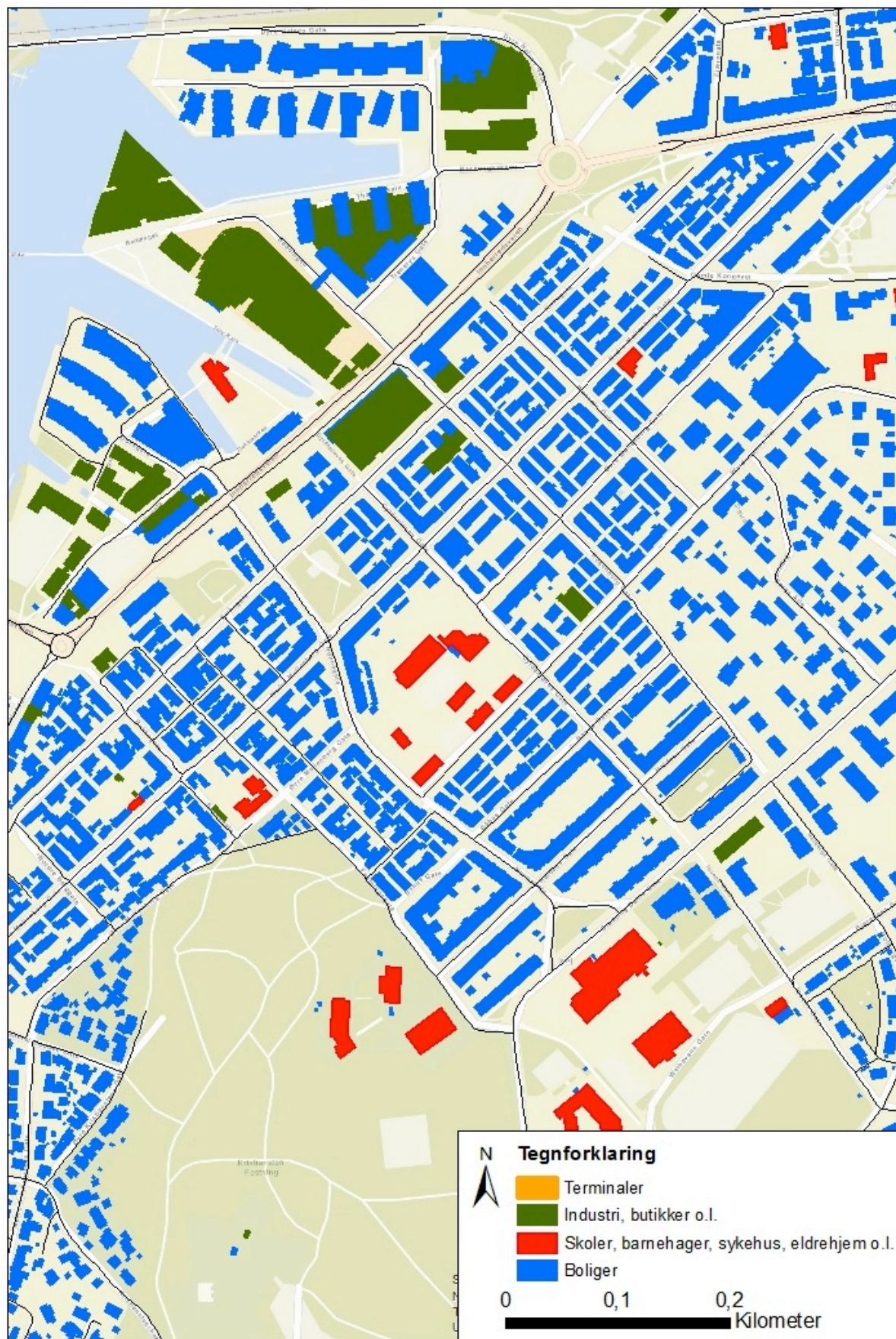
På Valentinlyst er både boliger, næringsbygg og bygninger som er spesielt sårbare ovenfor lastebiltrafikk rett i nærheten av hverandre. Dette illustreres på Figur 31. Valentinlyst nærsenter med 32 butikker ligger her, ca. midt på figuren, og genererer en del lastebiltrafikk.

Midtbyen

I Midtbyen er omtrent alle bygningstyper tett innpå hverandre, som man kan se av Figur 32. Man ser at terminalen ligger litt adskilt fra resten på Brattøra, men ellers har man både mange boliger, mange bygninger som er sårbare ovenfor godstrafikk og mange næringsbygg her.



Figur 27: Ulike bygningstyper på Ila



Figur 28: Ulike bygningstyper på Solsiden/Møllenberg/Rosenborg



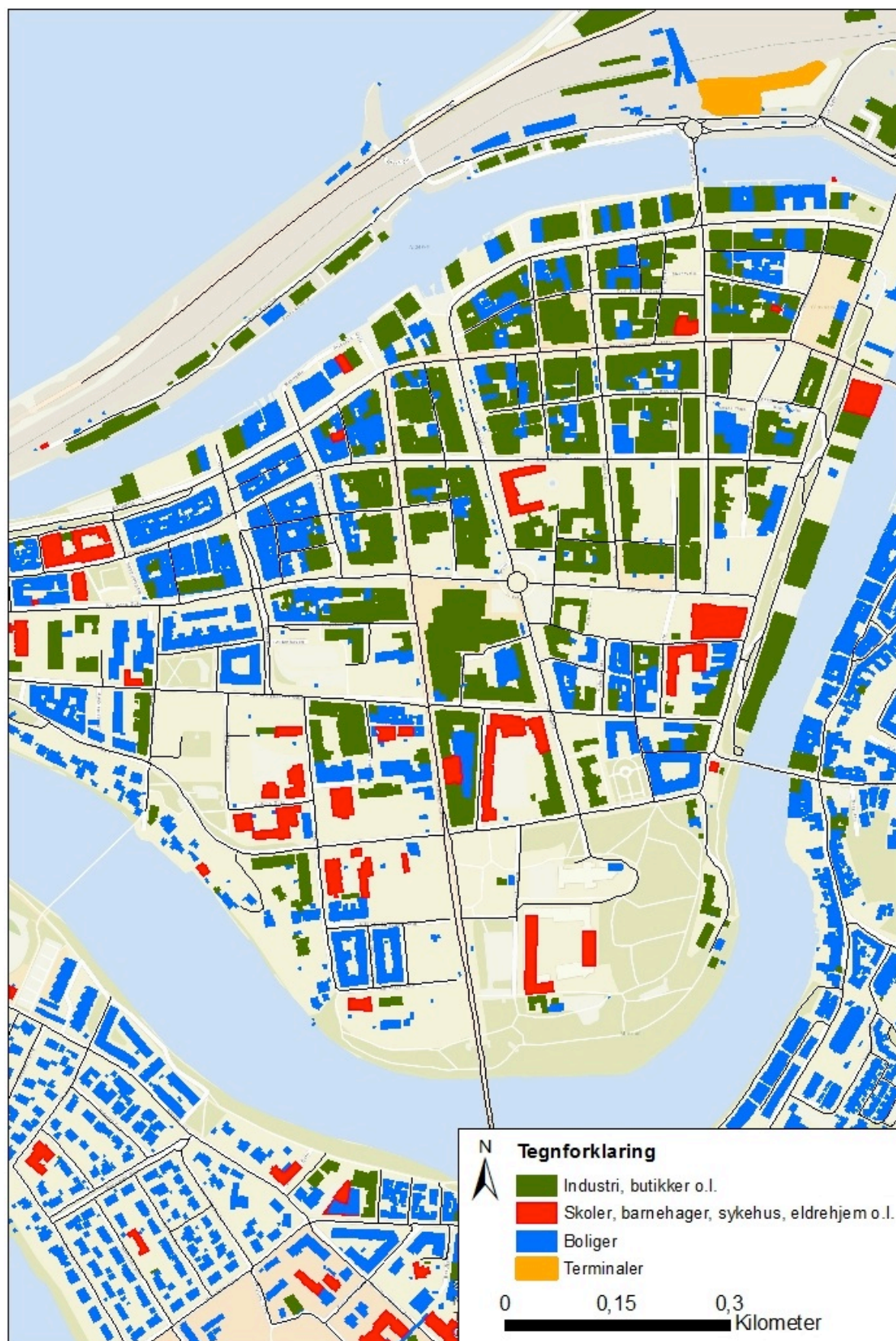
Figur 29: Ulike bygningstyper på Lademoen



Figur 30: Ulike bygningstyper på Heggstadmoen



Figur 31: Ulike bygningstyper på Valentinlyst



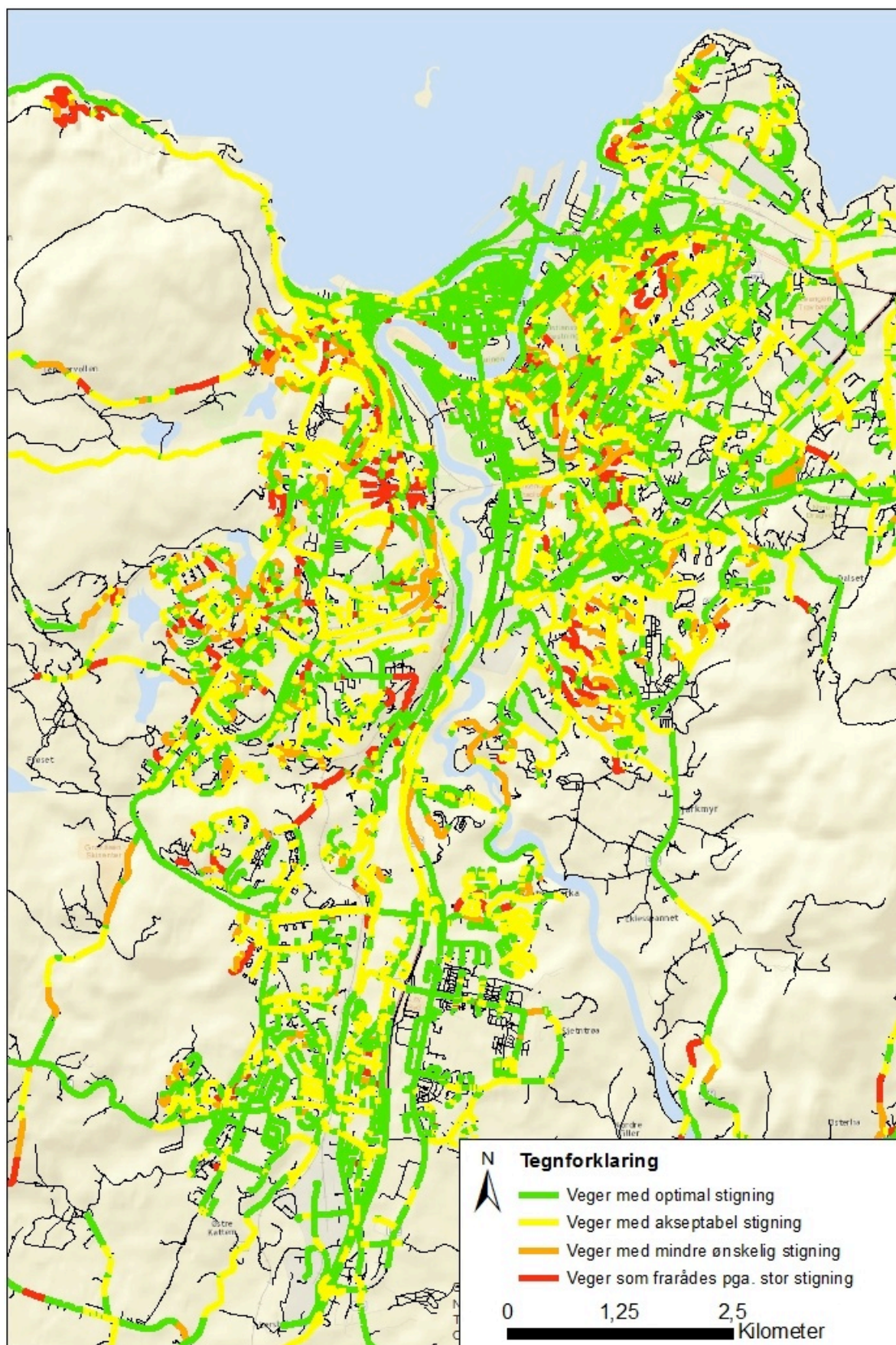
Figur 32: Ulike bygningstyper i Midtbyen

4.2 Oversikt over stigninger

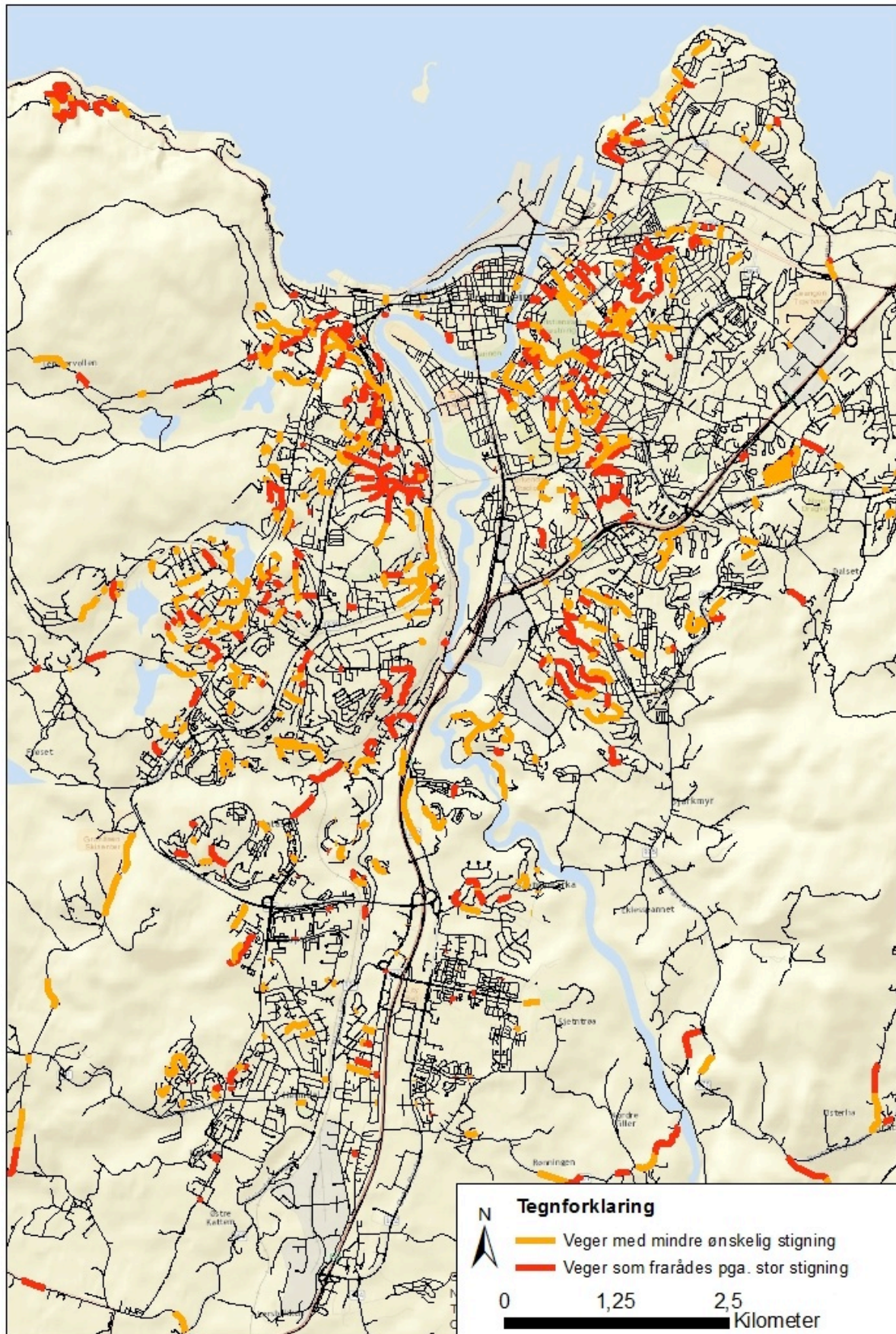
På samme måte som i Kapittel 4.1 vil resultatene presenteres først for hele studieområdet Trondheim, for deretter å forstørre de samme områdene slik at man ser resultatene tydeligere.

Figur 33 viser et oversiktskart over alle stigninger i Trondheim. Her illustrerer de grønne linjene strekninger med optimal stigning for en lastebil, som er stigning mellom -3% og 3% . De gule linjene representerer strekninger med akseptabel stigning, som er fall mellom -6% og -3% , og stigning mellom 3% og 6% . Strekninger med fall mellom -6% og -8% og stigning mellom tilsvarende 6% og 8% illustreres ved de oransje linjene, som er i kategorien ”mindre ønskelig stigning”. Veger som frarådes å bruke for lastebiler, illustreres med røde linjer og har fall brattere enn -8% og stigning større enn 8% .

Hovedtrekkene er at det er flest strekninger med optimal og akseptabel stigning, men det er også kortere strekninger med mindre ønskelig stigning, og stigning som frarådes. For å gjøre det lettere å identifisere de kritiske stigningene, illustreres disse på et eget kart i Figur 34.



Figur 33: Alle stigninger i Trondheim



Figur 34: Kritiske stigninger i Trondheim

4.2.1 Utvalgte konfliktområder

Videre vil stigningene i de samme områdene som ble nevnt i Kapittel 4.1.5 studeres nærmere ettersom dette er områder man vet lastebiler vil kjøre i.

Ila

På Ila er det stort sett optimal og akseptabel stigning der det er næringsbygg. Dette illustreres i Figur 35 som henholdsvis grønne og gule strekninger. Figur 35 illustrerer både ulike stigningsgrader og ulike bygningstyper på Ila. Videre ser man at veger med mindre ønskelig stigning (gule veger) og veger som frarådes for lastebiler (røde veger) befinner seg der det er flest boliger, og ikke næringsbygg.

Solsiden/Møllenberg/Rosenborg

På Figur 36 vises både ulike stigningsgrader og ulike bygningstyper på Solsiden/Møllenberg/Rosenborg. Man ser av figuren at det er optimal og akseptabel stigning på Solsiden og området nederst på Møllenberg, hvor det også er mest næringsvirksomhet. Oppover mot Møllenberg og Rosenborg er det flest veger med mindre ønskelig stigning og veger som frarådes for lastebiler. For å komme fra Solsiden og opp til Rosenborg via Møllenberg må man nødvendigvis kjøre en strekning med disse stigningene om man skal kjøre rett opp og ikke ta en omvei rundt.

Lademoen

Lademoen består stort sett av veger med optimal og akseptabel stigning for lastebiler, som illustreres på Figur 37. Dette gjelder generelt for hele området, men det er noen få steder det er veger med mindre ønskelig stigning og veger som frarådes for lastebiler, men dette er stort sett i boligområder.

Heggstadmoen

Figur 38 viser ulike stigningsgrader og ulike bygningstyper på Heggstadmoen. Man ser at det kun er veger med optimal og akseptabel stigning for lastebiler her. Det er et relativt flatt område.

Valentinlyst

På Valentinlyst er det generelt lite stigning. Nesten alle veger har optimal eller akseptabel stigning for lastebiler. Dette illustreres på Figur 39. Den viser at det er noen få veger med stigning som er mindre ønskelig eller som frarådes for lastebiler, men dette er i boligområder.

Midtbyen

Figur 40 viser ulike stigningsgrader og ulike bygningstyper i Midtbyen. Figuren viser at det er nesten bare veger med optimal stigning, og noen få veger med akseptabel stigning for lastebiler i Midtbyen.



Figur 35: Ulike stigningsgrader og bygninger på Ila



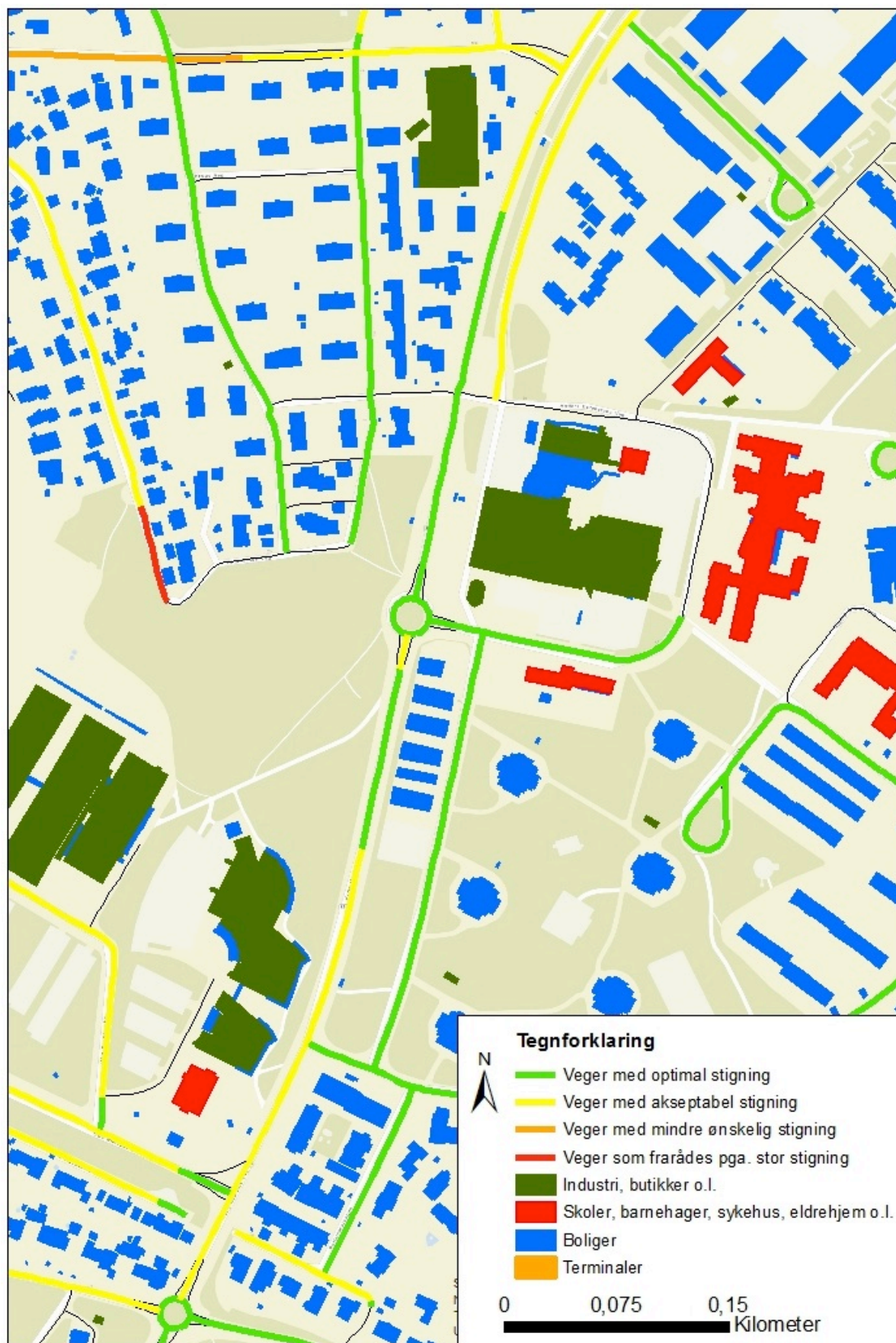
Figur 36: Ulike stigningsgrader og bygninger på Solsiden/Møllenberg/Rosenborg



Figur 37: Ulike stigningsgrader og bygninger på Lademoen



Figur 38: Ulike stigningsgrader og bygninger på Heggstadmoen



Figur 39: Ulike stigningsgrader og bygninger på Valentinlyst

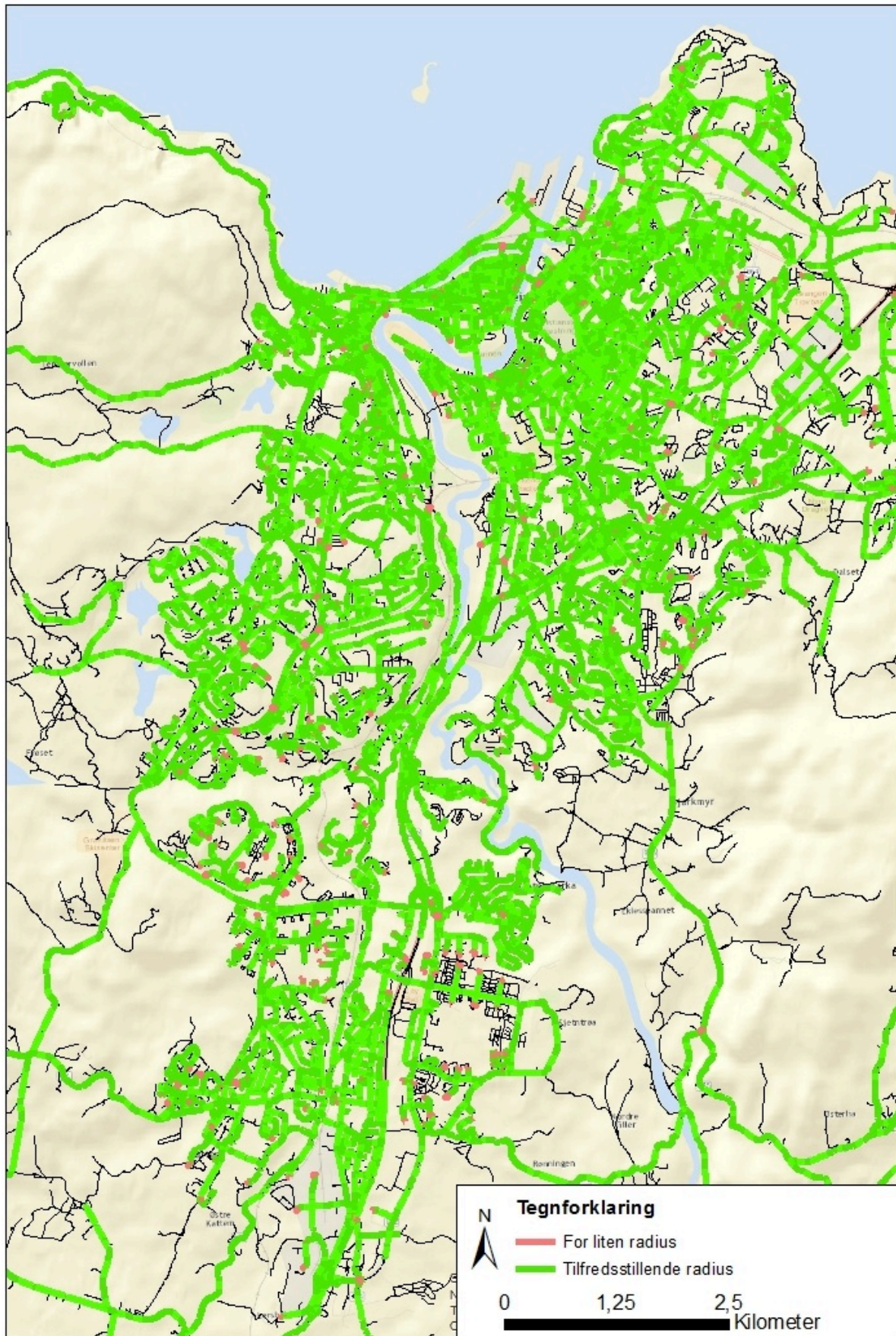


Figur 40: Ulike stigningsgrader og bygninger i Midtbyen

4.3 Oversikt over radier

Figur 41 viser om radiene på de ulike kurvene i Trondheim er tilfredsstillende når en lastebil skal svinge eller om radien er for liten til at lastebilen skal klare svingen. De grønne strekningene illustrerer tilfredsstillende radier, som er større enn 12 meter, mens de lys rosa illustrerer radier som er for små, altså mindre enn 12 meter. Man ser at hovedtendensen er tilfredsstillende radier i Trondheim, men det er noen lys rosa iblant som er mindre enn dimensjonerende svingeradius for en lastebil.

For å vise mer tydelig hvor de kritiske radiene for lastebiler befinner seg, vises de alene på Figur 42 som de lys rosa "prikkene." Det skal nevnes at flere av disse radiene som er mindre enn 12 meter, er rundkjøringer.



Figur 41: Oversikt over radier til kurver i Trondheim

4.3.1 Utvalgte konfliktområder

Slik som i Kapittel 4.1.5 og 4.2.1 vil det også her vises forstørrede figurer/kart av de utvalgte områdene hvor det er flere type bygninger sammen.

Ila

Som allerede nevnt i Kapittel 4.3 er hovedtendensen at kurveradiene er tilfredsstillende for lastebiler, men man kan allikevel se av Figur 43 at det er noen lys rosa radier som er for små for lastebiler på Ila. Radiene som er for små befinner seg stort sett i boligområder og ikke der det er næringsvirksomhet.

Solsiden/Møllenberg/Rosenborg

På Figur 44 vises tilfredsstillende og ikke tilfredsstillende radier for lastebiler og bygningsfordelingen på Solsiden/Møllenberg/Rosenborg. Man ser at det er en trang rundkjøring som har for liten radius ved innkjøringen til Bakklandet. I dette området er noen butikker og kafeer/restauranter som genererer lastebiltrafikk. Figuren viser at det er noen få lys rosa kurver som illustrerer for små radier for lastebiler, men disse er hovedsakelig i boligområder og ikke der det er næringsvirksomhet.

Lademoen

På Lademoen illustreres tilfredsstillende og ikke tilfredsstillende radier på Figur 45. Her ser man at det er to rundkjøringer som har for liten radius midt i et industriområde som i tillegg ligger nær to terminaler. Videre ser man at det stort sett er i boligområder man finner kurveradier som er for små for lastebiler, men det er noen i nærheten av næringsvirksomhet.

Heggstadmoen

Figur 46 viser hvor det er tilfredsstillende og ikke tilfredsstillende radier på Heggstadmoen. Figuren viser at det stort sett er tilfredsstillende radier, men noen steder er de for små. Spesielt i "endegater" eller "snugater" i industriområder, og også noen boligområder, er det for liten radius.

Valentinlyst

Figur 47 viser at omtrent alle kurveradier på Valentinlyst er tilfredsstillende for lastebiler. Det er noen få radier som er for små, men disse befinner seg hovedsakelig i boligområder uten næringsvirksomhet.

Midtbyen

Figur 48 viser kurveradier i Midtbyen, og om de er av tilfredsstillende størrelse for lastebiler eller ikke. Man ser at det er for liten radius noen steder, både i nærheten av næringsvirksomhet og boliger, men at det stort sett er radier av tilfredsstillende størrelse der. Det skal nevnes at selv om mange av radiene er tilfredsstillende, kan det være vanskelig for en stor lastebil å kjøre gjennom en sving på 90 grader.



Figur 43: Oversikt over radier til kurver på Ila



Figur 44: Oversikt over radier til kurver på Solsiden/Møllenberg/Rosenberg



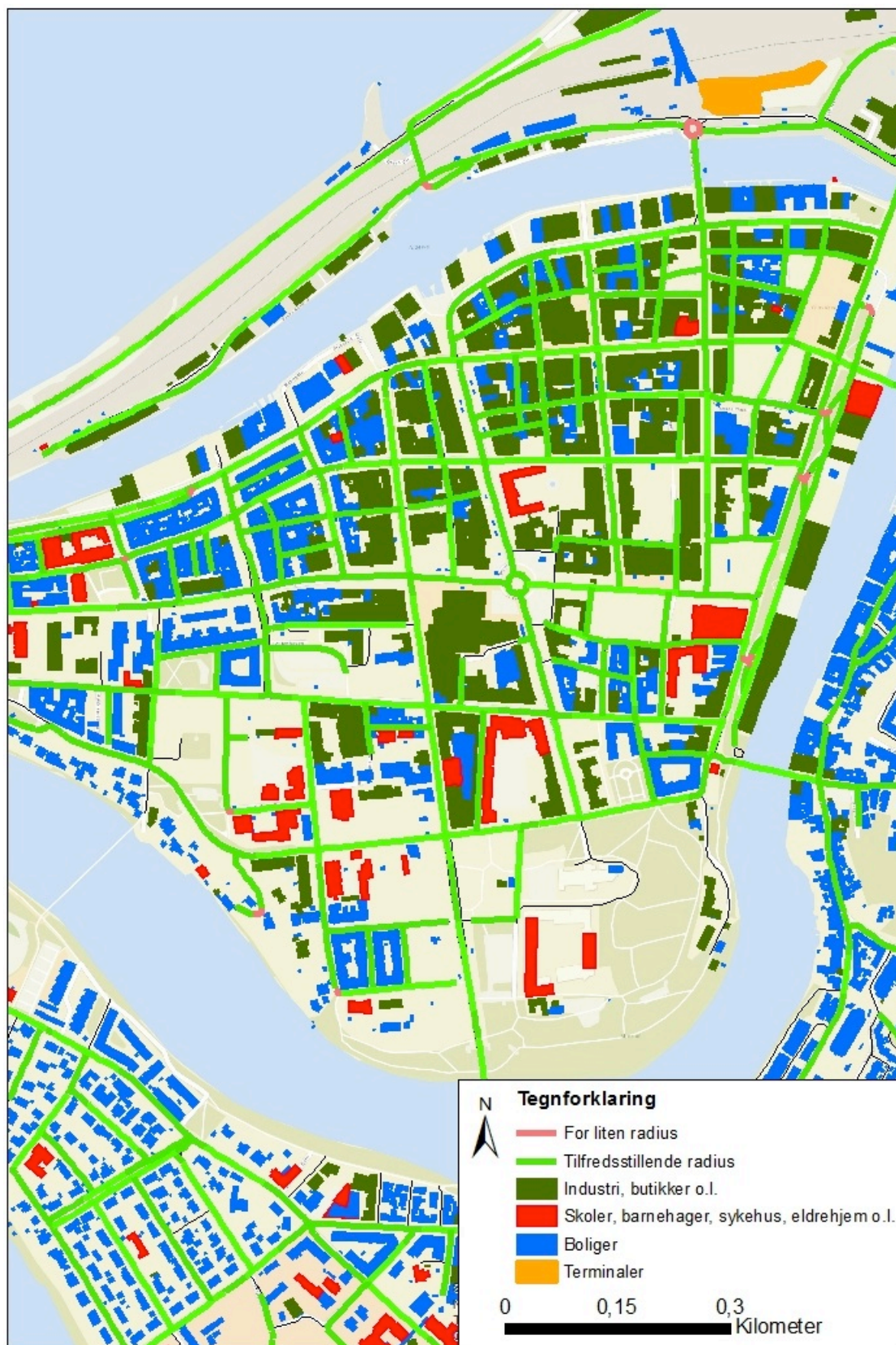
Figur 45: Oversikt over radier til kurver på Lademoen



Figur 46: Oversikt over radier til kurver på Heggstadmoen



Figur 47: Oversikt over radier til kurver på Valentinlyst



Figur 48: Oversikt over radier til kurver i Midtbyen

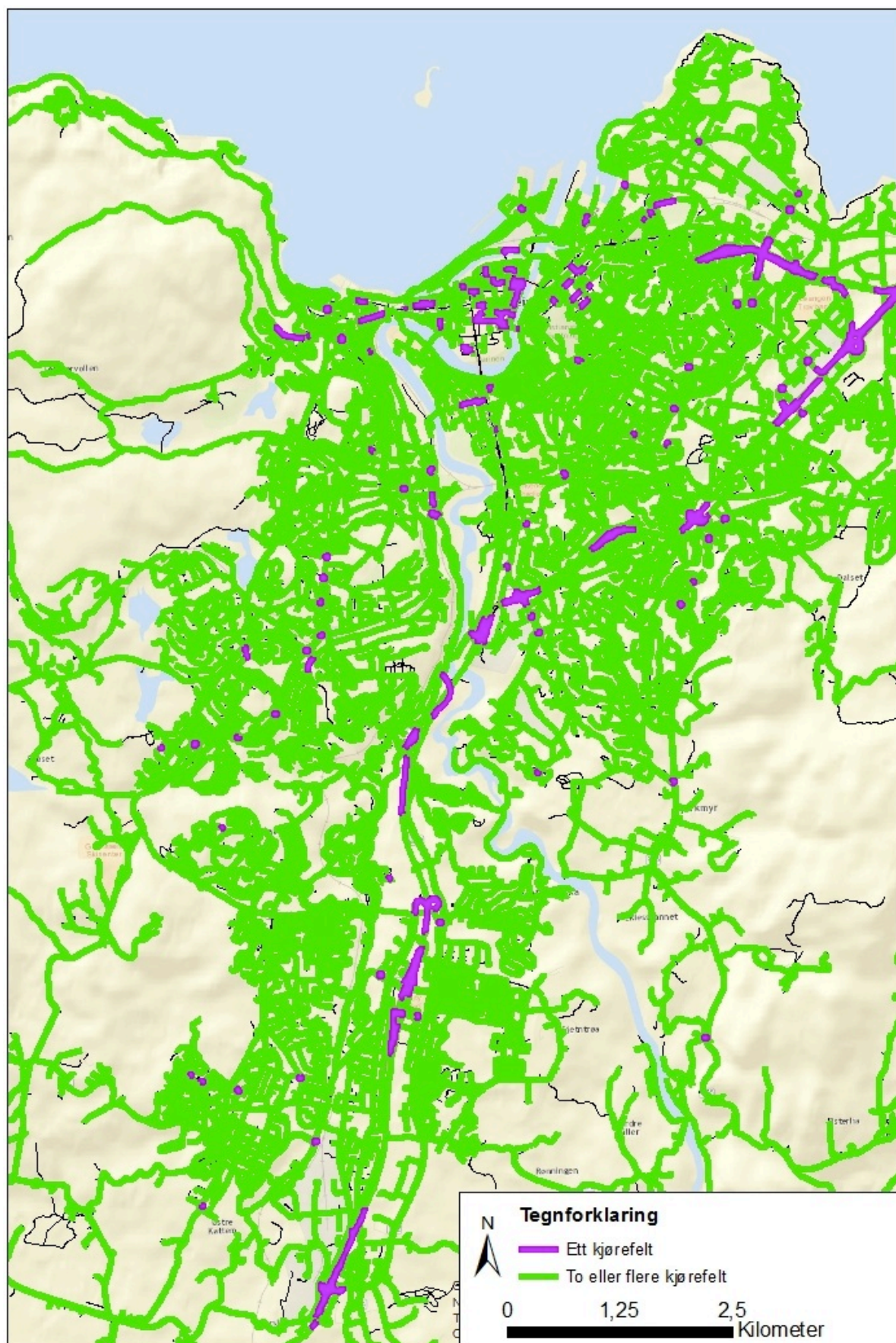
4.4 Oversikt over vegbredder

Figur 49 viser om det er tilfredsstillende vegbredde eller ikke for lastebiler på noen veger i Trondheim. De grønne strekningene viser veger som er av tilfredsstillende vegbredde. Dette er veger med dekkebredde større enn 4 meter. De røde illustrerer veger som er for smale, disse har dekkebredde mindre enn 4 meter. Som allerede nevnt i Kapittel 3.3.4 var det ikke tilgjengelig data om vegbredde/dekkebredde for de fleste kommunale veger. Derfor vises det ikke så mange veger med fargen rød eller grønn på figuren. Det er stort sett de største og mest trafikkerte vegene det er data om, og man ser at disse er hovedsakelig av tilfredsstillende bredde for lastebiler.



Figur 49: Tilfredsstillende og ikke tilfredsstillende vegbredder i Trondheim

Ettersom NVDB-tillegget ikke hadde data om vegbredde på flere veger av interesse, er det bestemt å se på antall kjørefelt for å få en indikasjon av hvor brede vegene er. Dette illustreres på Figur 50. De grønne strekningene viser veger som har to eller flere kjørefelt, mens de lilla viser veger som kun har ett kjørefelt. De lilla kan være mer kritiske for lastebiler. Av figuren fremgår det at det er flest veger med to eller flere kjørefelt. Det er noen veger med ett kjørefelt noen steder, men dette er også mange steder hvor det er ramper på motorvegen. Ellers ser man at det er en del gater med ett felt i Midtbyen, Ila og på Møllenberg



Figur 50: Antall kjørefelt i Trondheim

4.4.1 Utvalgte konfliktområder

I dette delkapittelet vil det presenteres om det er ett eller flere kjørefelt rundt bygningene som genererer lastebiltrafikk for de samme områdene som ble studert i kapitlene før.

Ila

Av Figur 51 ser man antall kjørefelt på Ila. Figuren illustrerer både antall kjørefelt, og ulike bygningstyper på Ila. Man ser at det er flest strekninger med to eller flere kjørefelt, men to strekninger som har ett kjørefelt i nærheten av næringsvirksomhet. Rundkjøringene er merket som ett kjørefelt, men dette sees bort ifra.

Solsiden/Møllenberg/Rosenborg

På Figur 52 vises bygningsfordelingen på Solsiden/Møllenberg/Rosenborg samt antall kjørefelt der. Det er hovedsakelig flest gater med to eller flere kjørefelt, men det er flere som har kun ett kjørefelt på Møllenberg. Noen av disse enveiskjørte gatene er i nærheten av butikker.

Lademoen

På Lademoen er det stort sett bare gater med to eller flere kjørefelt, som illustreres på Figur 53. Det er noen få enveiskjørte gater, men disse er boligområder. Også her ser man bort i fra at rundkjøringene.

Heggstadmoen

Figur 54 illustrerer at det kun er veger med to eller flere kjørefelt på Heggstadmoen.

Valentinlyst

På Valentinlyst er det også kun veger med to eller flere kjørefelt. Dette illustreres på Figur 55.

Midtbyen

Figur 56 viser hvordan fordelingen av antall kjørefelt er i Midtbyen. Figuren illustrerer at det er mange enveiskjørte gater i Midtbyen. De fleste av disse er i nær tilknytning til næringsvirksomhet.



Figur 51: Antall kjørefelt på Ila



Figur 52: Antall kjørefelt på Solsiden/Møllenberg/Rosenborg



Figur 53: Antall kjørefelt på Lademoen



Figur 54: Antall kjørefelt på Heggstadmoen



Figur 55: Antall kjørefelt på Valentinlyst



Figur 56: Antall kjørefelt i Midtbyen

4.5 Høydebegrensning

Dette kapitlet vil ta for seg hvor det er høyderestriksjoner i Trondheim som er aktuelle for lastebiler. Figur 57 illustrerer hvor det er. Man ser at det kun er høyderestriksjoner på grunn av tunnel som er aktuelt for lastebiler i studieområdet. Dette illustreres med turkise/blå linjer, og er å finne på Ila. De turkise/blå linjene representerer steder hvor det er skiltet høyde som er lavere enn 4,6 meter.

4.5.1 Utvalgte konfliktområder

Ila

Figur 58 illustrerer både hvor det er høyderestriksjoner, og ulike bygningstyper på Ila. Man ser at det er to tunneler på Ila som har høyderestriksjoner. Disse har skiltet høyde som er lavere enn 4,6 meter. Det ser ikke ut som dette påvirker næringsvirksomhet.



Figur 58: Høydebegrensninger på Ila

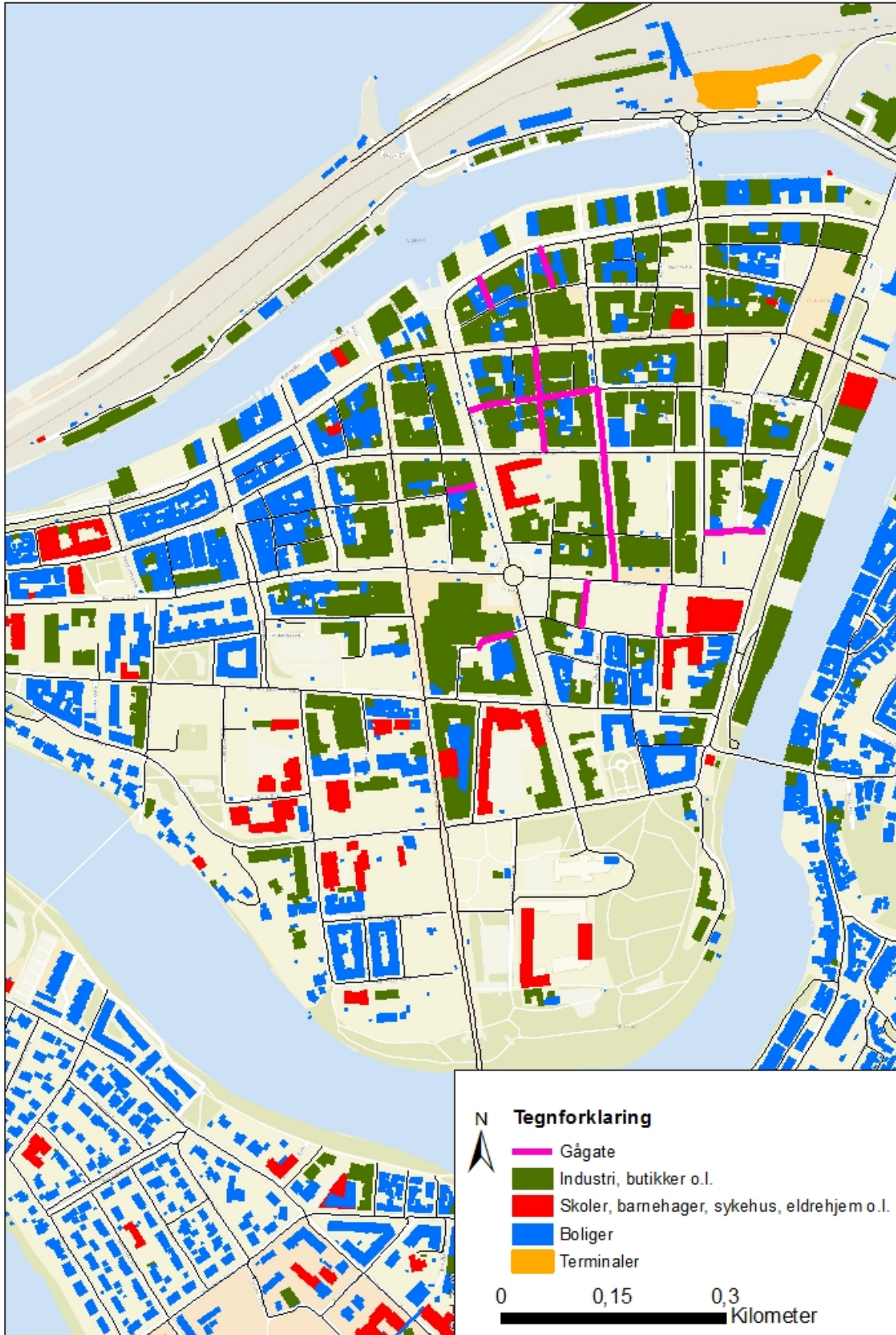
4.6 Gågater

Figur 59 viser hvor det er gågater i studieområdet. Dette illustreres som rosa linjer. Man ser at dette kun er i Midtbyen.

4.6.1 Utvalgte konfliktområder

Midtbyen

Figur 60 viser hvor i Midtbyen det er gågater. Disse er naturlig nok i nærheten av kjøpesenter, butikker, kafeer og restauranter.



Figur 60: Gågater i Midtbyen

4.7 Oppsummering av flere faktorer sammen

I dette kapitlet vil det studeres nærmere hvordan de ulike faktorene som er nevnt i kapitlene ovenfor spiller sammen. Det vil blant annet sees på vegbredder/antall kjørefelt i sammenheng med radier. Det vil også bli sett på dette i sammenheng med gågater og høyderestriksjoner, og hvor det er bygninger som genererer lastebiltrafikk. Illustrasjoner av stigninger vil ikke tas med i disse kartene på grunn av plassmangel.

4.7.1 Utvalgte konfliktområder

Ila

Figur 61 illustrerer både hvor det er høyderestriksjoner, ulike bygningstyper og antall kjørefelt på Ila. Man ser at de stedene det er for liten radius for en lastebil, er det gjerne to eller flere kjørefelt. Det vil si at det er tilgjengelig plass for lastebiler om de trenger det for å klare en krapp sving. Der det kun er ett kjørefelt er det heller ikke radier som er for små.

Solsiden/Møllenberg/Rosenborg

I området Solsiden/Møllenberg/Rosenborg er det flere enveiskjørte gater. Dette illustreres på Figur 62. Allikevel er det to eller flere kjørefelt de stedene hvor radien er for liten for en lastebil. Dette reduserer problemer små radier fører til. Videre ser man at det er mange 90 graders svinger i dette området. De fleste gatene som er koblet til disse er med to eller flere kjørefelt, men det er noen enveiskjørte som kan gjøre en sving på 90 grader vanskelig å komme igjennom for en lastebil. Enveiskjørte gater er i nærheten av næringsvirksomhet, men stort sett er det en gate med to eller flere kjørefelt ved siden av også.

Lademoen

Lademoen illustreres på Figur 63. Figuren viser at de kurvene som har for liten radius er koblet til veger som har to eller flere kjørefelt. Det er heller ingen enveiskjørte gater tilknyttet næring eller industri i dette området. Det er to rundkjøringer som er for små for lastebiler ved industriområdet på Brattøra, men vegene som er koblet til disse har flere kjørefelt.

Heggstadmoen

På Heggstadmoen er det flere "endegater" eller "snugater" som har for liten radius for en lastebil. Dette illustreres på Figur 64. Vegene og gatene som er koblet til disse kurvene er med to eller flere kjørefelt, som gjør det mulig for en lastebil å "stjele" litt plass av andre felt når de skal svinge. Det er ingen enveiskjørtede gater i dette området.

Valentinlyst

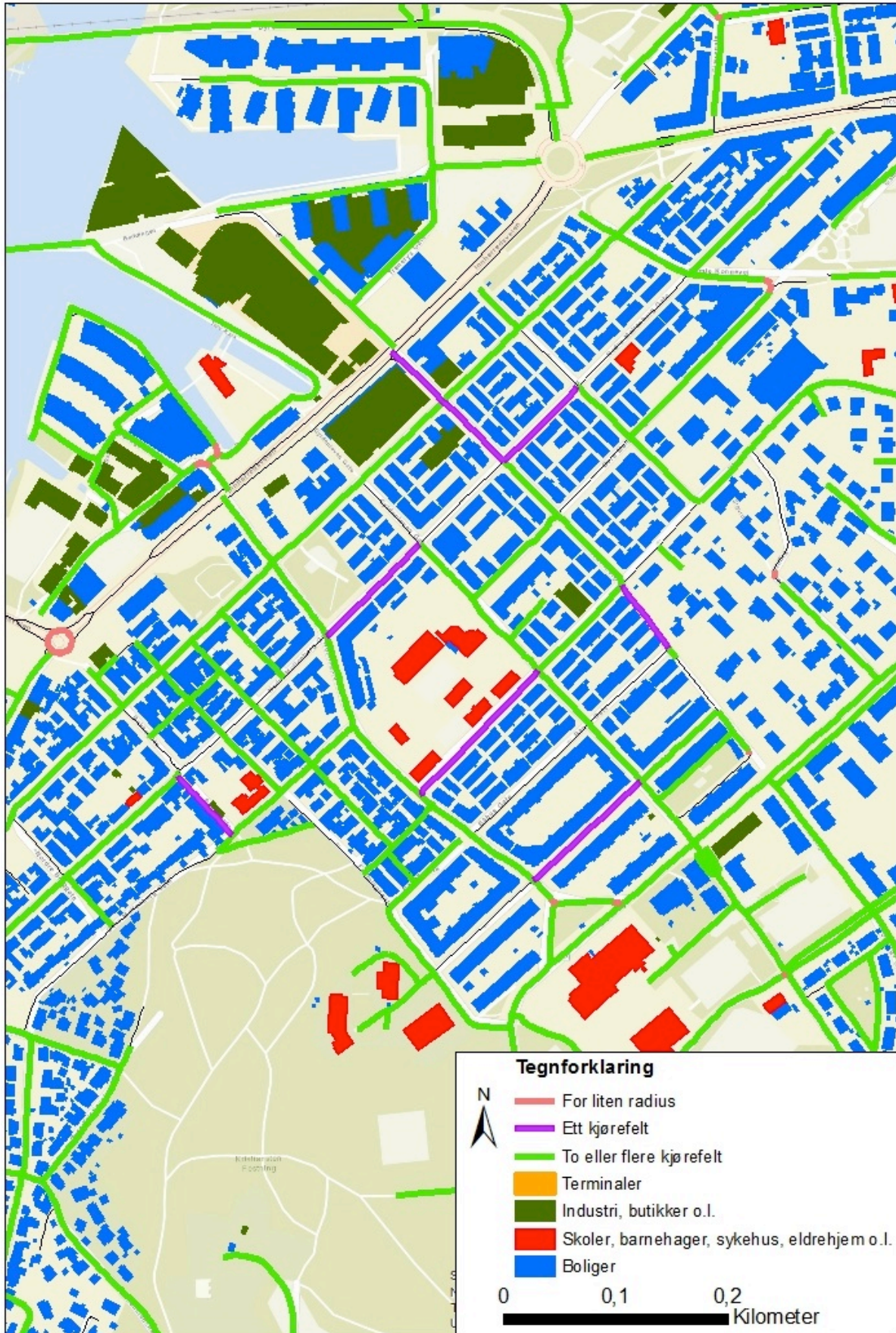
Figur 65 viser Valentinlyst. Også her er det kun veger med to eller flere kjørefelt. Det er noen kurveradier som er for små til at en lastebil klarer svingen, men dette er et mindre problem når det er minimum to felt.

Midtbyen

Figur 66 viser bygninger som genererer lastebiltrafikk i Midtbyen, hvor det er gågater og hvor mange kjørefelt det er. Boliger vises ikke i denne figuren på grunn av at de er over store deler av området, og det er bygninger som genererer lastebiltrafikk som er av interesse. Bygninger som er sårbare ovenfor lastebiltrafikk er tatt med, ettersom det er færre av disse enn boliger. Figuren viser at de stedene det er for små kurveradier, er det også to eller flere kjørefelt. Det er mange gågater i Midtbyen som kan gjøre leveringer vanskeligere. Midtbyen består også av mange kryss med 90 grader. De fleste av disse kryssene har minst en gate/arm som har to eller flere kjørefelt, selv om mange også har en gate/arm som kun har ett felt.



Figur 61: Radier, antall kjørefelt og høydebegrensninger på Ila



Figur 62: Radier og antall kjørefelt på Solsiden/Møllenberg/Rosenborg



Figur 63: Radier og antall kjørefelt på Lademoen



Figur 64: Radier og antall kjørefelt på Heggstadmoen



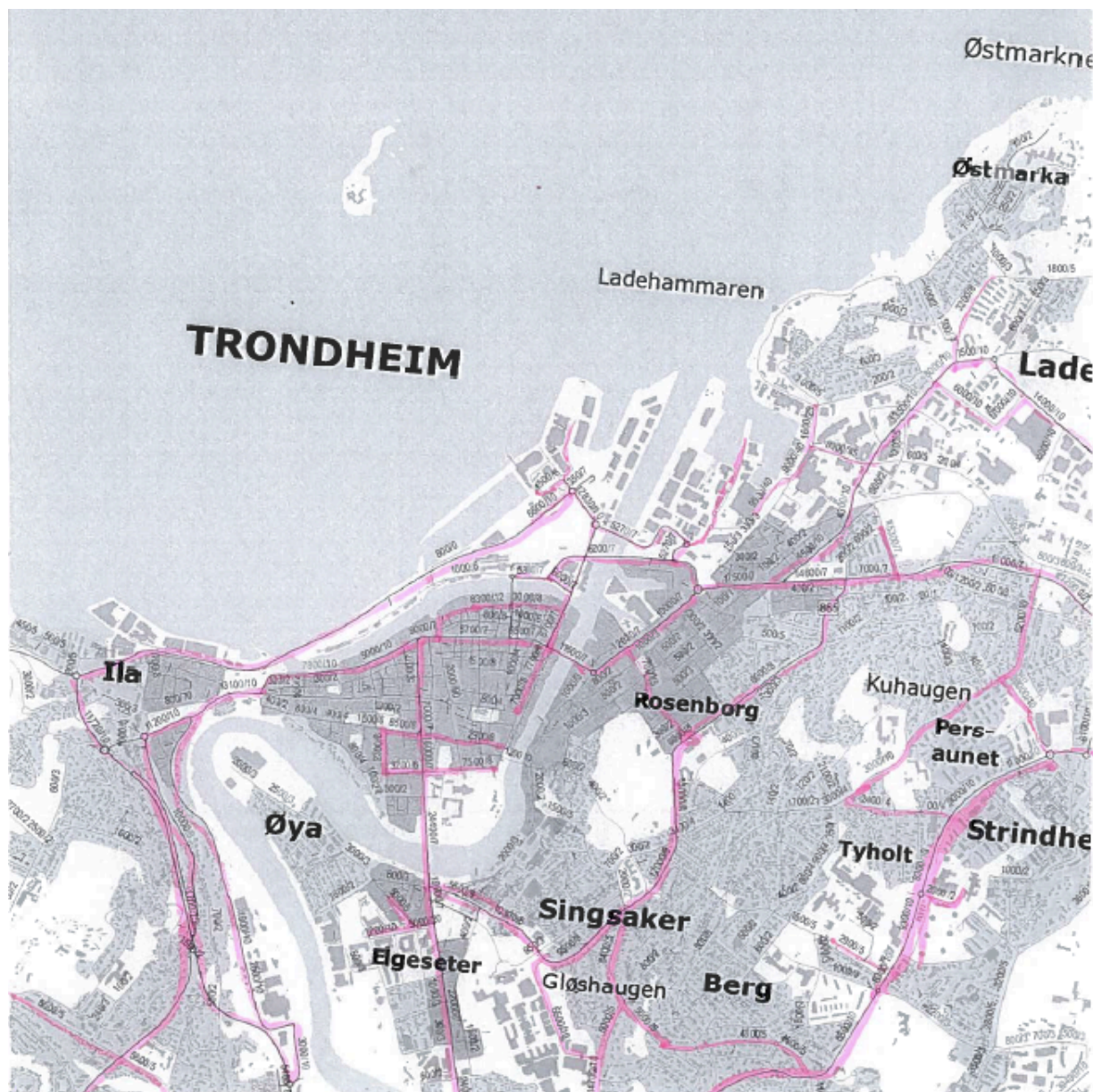
Figur 65: Radier og antall kjørefelt på Valentinlyst



Figur 66: Radier, antall kjørefelt og gågater i Midtbyen

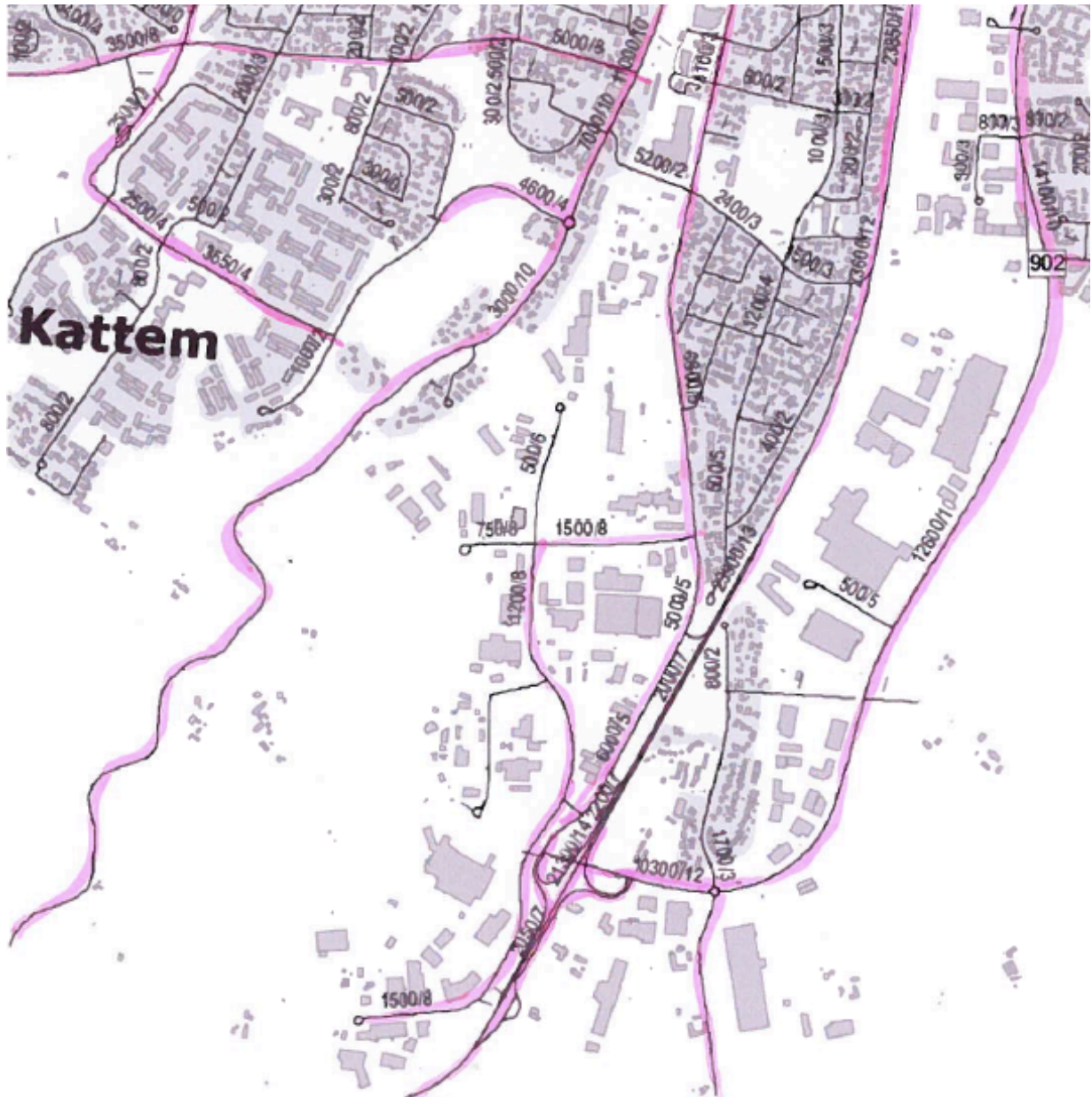
4.8 ÅDT tunge kjøretøy i Trondheim

Figur 67 viser hvilke strekninger som har ÅDT større enn 100 for tunge kjøretøy på Ila, Solsiden/Møllenberg/Rosenborg, Lademoen, Valentinlyst og Midtbyen. De rosa strekningene illustrerer ÅDT for tunge kjøretøy som er 100 eller mer.



Figur 67: Rosa strekninger viser hvor ÅDT for tunge kjøretøy er 100 eller mer

Figur 68 viser hvilke strekninger som har ÅDT større enn 100 for tunge kjøretøy på Heggstadmoen. De rosa strekningene illustrerer ÅDT for tunge kjøretøy som er 100 eller mer.



Figur 68: Rosa strekninger viser hvor ÅDT for tunge kjøretøy er 100 eller mer på Heggstadmoen

KAPITTEL 5 — DISKUSJON OG ANBEFALINGER

I dette kapitlet vil resultatene som kom frem av forrige kapittel diskuteres opp mot eksisterende litteratur fra tidligere kapittel og formålet med masteroppgaven. Det vil blant annet diskuteres problemer med stigninger og radius, samt begrensninger i datagrunnlag. Dette vil diskuteres i forhold til utvikling av lastebilruter, og vil også bli sett i sammenheng med andre norske storbyer. Det vil deretter følge eventuelle anbefalinger videre.

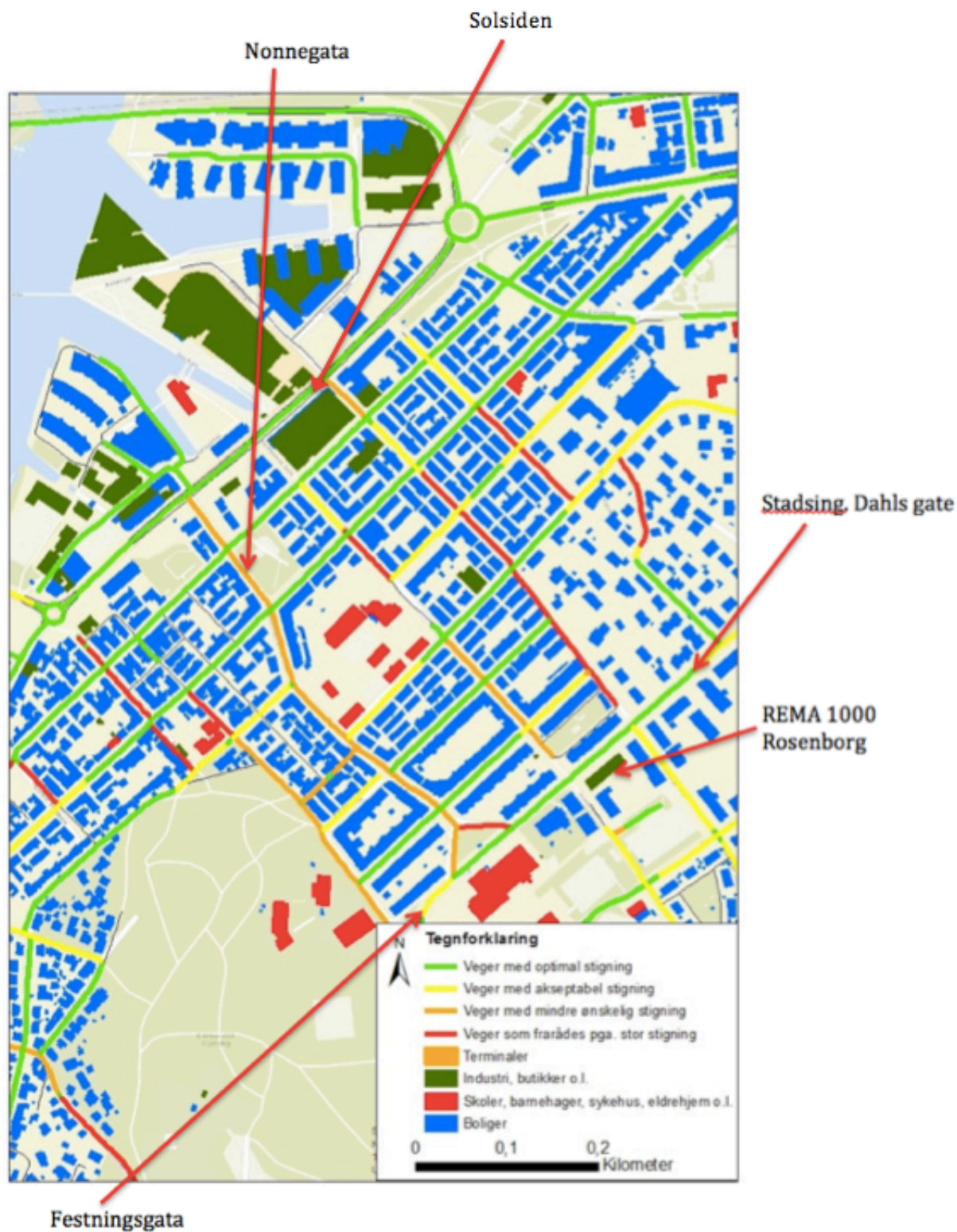
I forkant av analysen som er utført i denne masteroppgaven, var forventningene at resultatene skulle utpeke noen ruter som var spesielt bra, og noen som var spesielt dårlig for lastebiler å kjøre. Resultatene viste derimot ingen ruter som sto spesielt frem som bedre enn andre. Generelt sett oppfylte de fleste vegene kriteriene som er satt i denne oppgaven i forhold til vareleveringer med lastebil.

5.1 Stigning

Resultatene i Kapittel 4.2 viser at store stigninger og fall forekommer mest i boligområder, og at det stort sett ikke er et problem der det er næringsvirksomhet i Trondheim. Dette kommer frem om man ser på Figur 23 og Figur 24 i Kapittel 4.1 som viser henholdsvis hvor det er næringsvirksomhet, og hvor det er boliger i Trondheim mot Figur 34 i Kapittel 4.2 som viser hvor det er kritiske stigninger i Trondheim. På Figur 35 fremtil og med Figur 40 som viser ulike stigninger og bygningsfordelingen på Ila, Solsiden/Møllenberg/Rosenborg, Lademoen, Heggstadmoen, Valentinlyst og Midtbyen bekreftes dette, hvor det vises store stigninger hovedsakelig i boligområder uten næringsvirksomhet. Det er positivt ettersom det gjerne ikke kjører like mange lastebiler i boligområder. Store stigninger, eller kritiske stigninger er definert i Kapittel 3.3.2, som stigning større enn 6 % eller fall mindre enn -6 %. Dette defineres som ”veger med mindre ønskelig stigning” og ”veger som frarådes” for lastebiler.

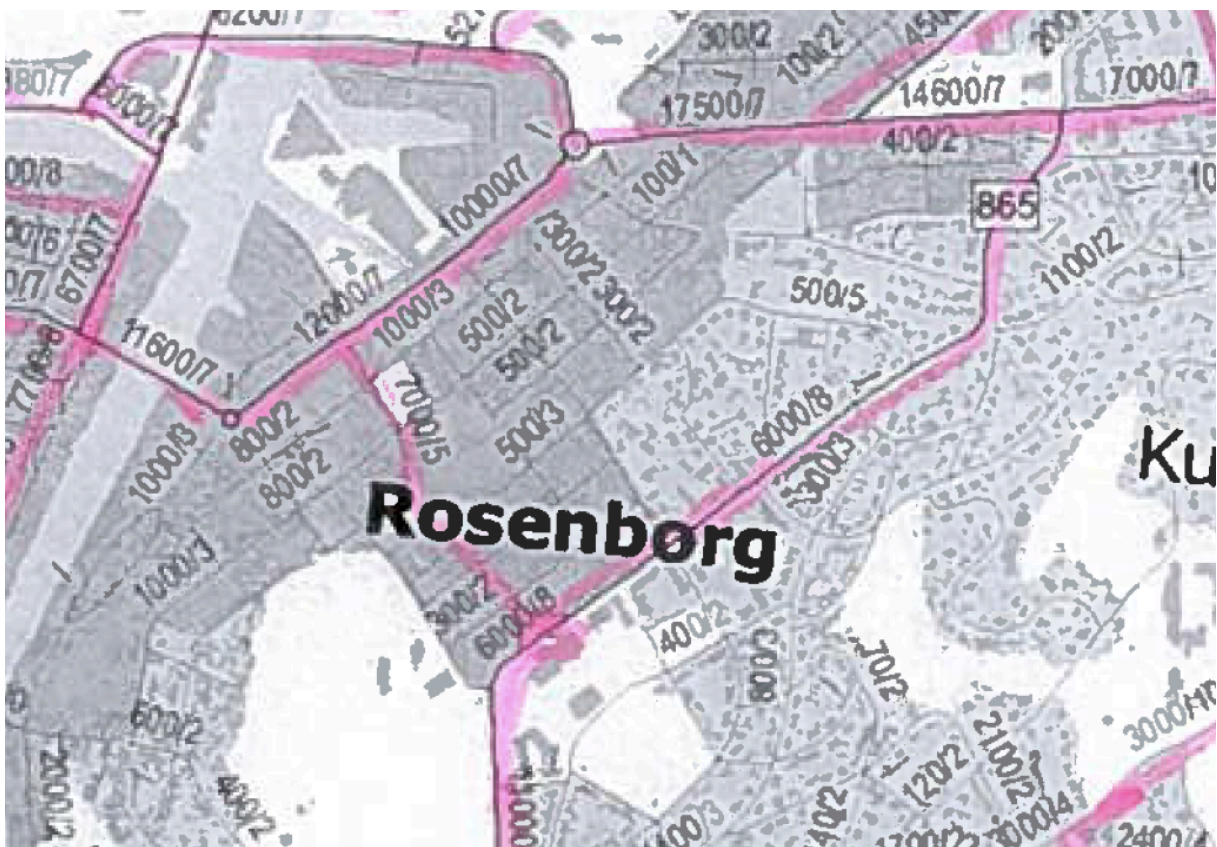
I de fleste storbyer i Norge befinner bysentrum og hovedandelen bedrifter og industriområder seg hovedsakelig i flate områder, mens boligene ligger i områder med større stigning. Eksempler på dette er Oslo, Bergen, Bodø, Stavanger og Kristiansand.

Selv om hovedtrenden er at de store stigningene er i boligområder, er det likevel enkelte områder med store stigninger som er i nærheten av næringsvirksomhet. Et eksempel på dette er at det alltid finnes alltid dagligvarebutikker i nærheten av boligområder. Figur 69 illustrerer området Møllenberg/Rosenborg med store stigninger og som befinner seg i nærheten av en Rema 1000 dagligvarehandel på Rosenborg. Figuren illustrerer at det er flere strekninger med kritiske stigninger for lastebiler. Som følge av for store stigninger, kan lastebilene bli tvunget til å kjøre med lav hastighet, noe som fører til økt drivstofforbruk og økte utslipp av NO_x, som er beskrevet i Kapittel 3.3.2. Når lastebiler må kjøre i lavere hastighet enn det som er normalt, som de må opp Nonnegata på Møllenberg, vil også kapasiteten reduseres. Man vet også fra litteraturen at ulykkesfrekvensen øker ved store stigninger. I tilfellet på Møllenberg vil ikke det være så stor fare da lastebilene vil kjøre sakte, og det ikke er mulighet for andre biler å passere.



Figur 69: Stigninger på Møllenberg og Rosenberg

Om en lastebil er nede på Solsiden, som vist Figur 69, og skal opp til for eksempel Rema 1000 på Rosenborg, vil korteste vei være å kjøre opp Møllenberg via Nonnegata. Men dette er ikke nødvendigvis det beste alternativet på grunn av konsekvensene som ble nevnt. Ettersom stigningene på Møllenberg er av typen ”mindre ønskelig” og ”frarådes” for lastebiler, kan det være et alternativ å kjøre veien rundt isteden. Om man kjører opp via Studentersamfundet og Festningsgata, eller opp Stadsing. Dahls gate ved Rosendal vil det være veger med mindre stigninger. Figur 70 med ÅDT for tunge kjøretøy viser at det hovedsakelig er disse strekningene lastebilene kjører i dag, Nonnegata, Festningsgata og Stadsing. Dahls gate.



Figur 70: Rosa strekninger viser ÅDT for tunge kjøretøy lik 100 eller mer på Solsiden/Møllenberg/Rosenborg

Det kan altså tyde på at transportører velger lettest tilgjengelige vegstrekning uten å tenke så mye på konsekvenser (som for eksempel stigning) så lenge den er mulig å kjøre på. Dette resulterer i at man har lastebiler på veldig mange ulike vegstrekninger.

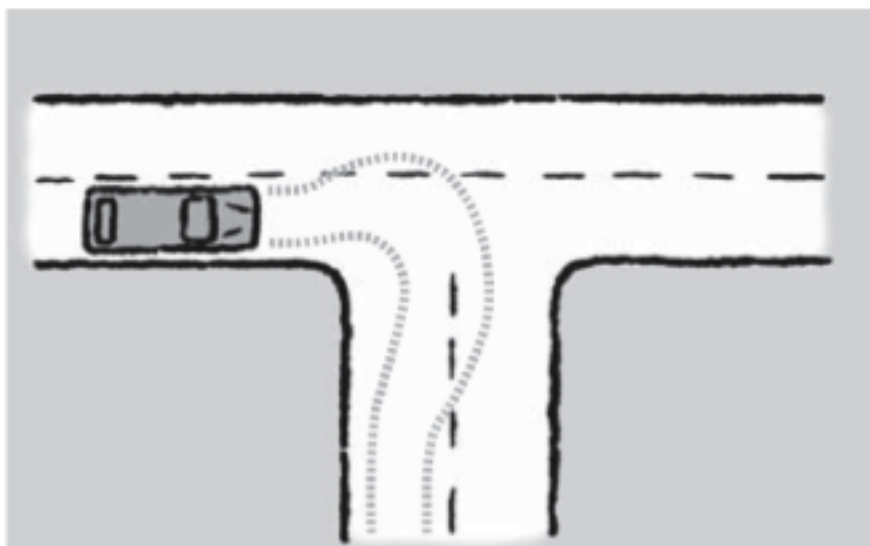
5.2 Radius

Generelt sett er det store nok radier i kurver i Trondheim for lastebiler til å klare å kjøre gjennom svinger. Dette går frem av resultatene i Figur 41. Ved å se Figur 23 som viser næringsvirksomhet i Trondheim, opp mot Figur 41 ser man ser videre at spesielt i områder med næringsvirksomhet er ikke for små radier et problem. Dimensjonerende radius for lastebiler er beskrevet i Kapittel 3.3.3 som 12 meter, og de fleste kurver i Trondheim er dermed større enn dette. I boligområder forekommer det oftere kurver med små radier, men det kjører ikke like mange lastebiler i slike områder, så det er ikke et stort problem.

At små radier befinner seg hovedsakelig i boligområder med mindre trafikkerte veger og gater er nok vanlig i de fleste storbyer i Norge. Det er heller ikke et stort problem med små radier for lastebiler om man har brede nok veger. Dette er beskrevet i Kapittel 3.3.3. I større byer har man gjerne flere kjørefelt slik at vegene blir brede nok, selv om noen radier kan være små.

Et annet problem som kan skape problemer for lastebiler i byer som ikke vises ved identifisering av små radier, er kryss. Siden dette gjerne er rette vegstrekninger som krysser hverandre, vil ikke dette identifiseres som ”små radier” selv om det er krappe svinger. Det kan være et problem for lastebiler å kjøre i kryss med 90 grader. Storbyene Oslo, Bergen, Stavanger, Kristiansand og Bodø har til felles med Trondheim at de i sentrum har et vegnett bestående av mange 90 graders-kryss. Midtbyen på Figur 66 kan vises som et eksempel her. Denne figuren viser også at det ofte er enveiskjørte gater i sentrumsområder. Slike svinger kan være vanskelig for en lastebil å kjøre gjennom. Som beskrevet i Kapittel 3.3.3 må ofte lastebiler kjøre som vist på Figur 71 for å klare svingen. Da er det viktig at vegen er bred nok til det, eller at det er minimum to kjørefelt slik at lastebilen kan ”stjele” litt plass av andre felt. Dette er ikke en optimal løsning da det kan være kjøretøy i de andre feltene som da må vike for lastebilen når den svinger. Men det er bedre at en lastebil stjeler litt plass av et annet kjørefelt, enn at den bruker fortauet for å klare svingen. Resultatene for antall kjørefelt i Trondheim er representative for flere storbyer i Norge, og forteller at det er to eller flere kjørefelt de fleste steder. Man kan allikevel konkludere med at det bør etterstribes i alle norske storbyer å prosjektere gater som

har minimum to kjørefelt i kryss hvor lastebiler må svinge 90 grader, eller er brede nok til at en lastebil klarer svingen. Eksisterende gater hvor dette ikke er mulig å forbedre, bør skiltes som "ikke anbefalt for lastebil."

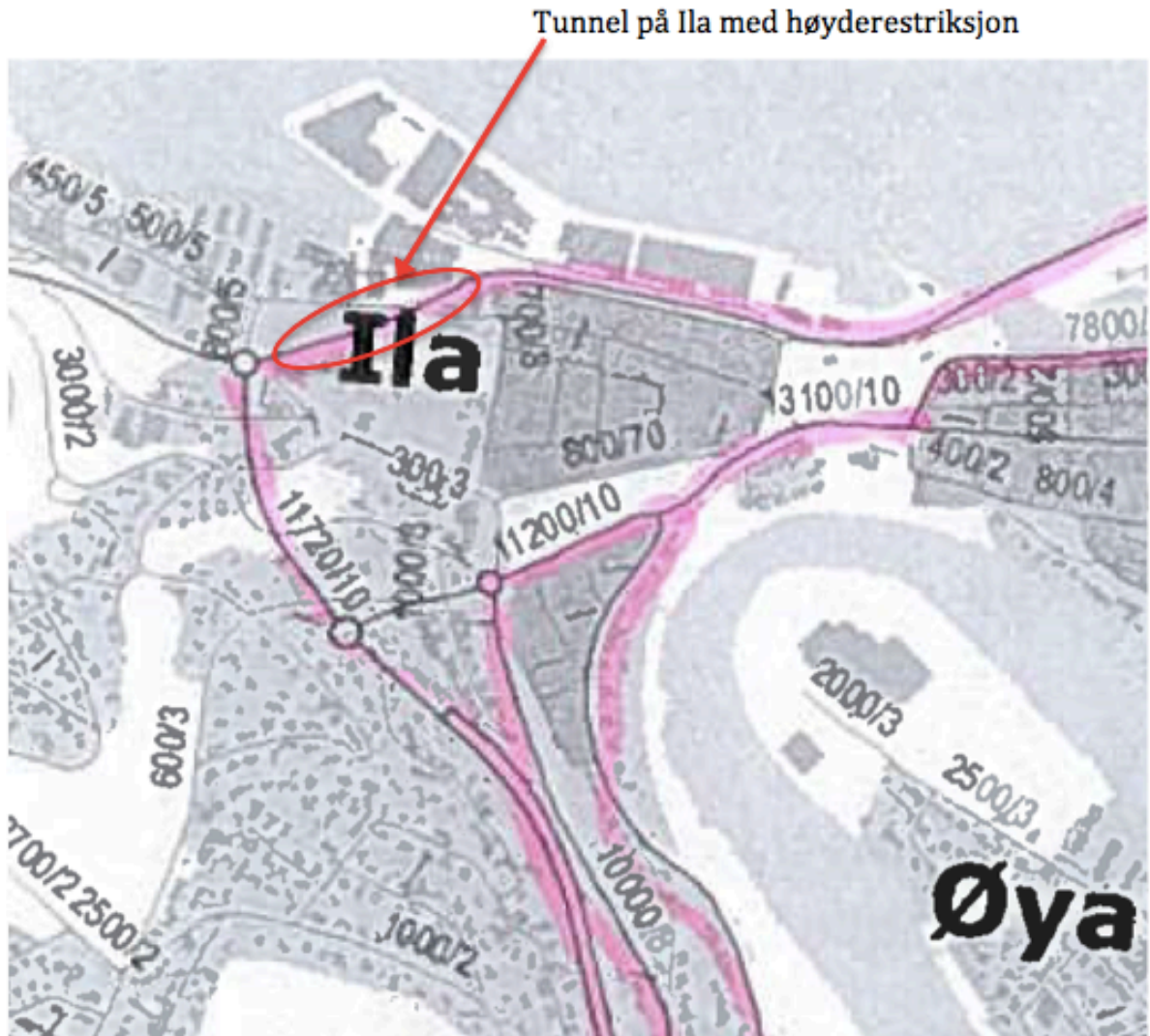


Figur 71: Kjøremåte C for lastebil i sving hvor kjøretøyet må "stjele" plass av andre kjørefelt

Resultatene i Kapittel 4.3 avslørte at det er flere rundkjøringer som har en radius som er mindre enn dimensjonerende radius for en lastebil. Om man ser på Figur 45 ser man at det er to rundkjøringer i et industriområde med flere godsterminaler, hvor begge har en radius som er mindre enn 12 meter. Resultatene viste at dette var tilfellet flere steder, og jeg vil anta at dette gjelder i flere storbyer i Norge. Noen av disse stedene er områder hvor man ikke kjører så veldig fort, men allikevel burde rundkjøringer i områder hvor det kjører mange lastebiler være med radius lik dimensjonerende radius for minimum lastebiler. I Kapittel 3.3.3 er det beskrevet flere risikofaktorer ved for liten radius. Blant annet øker risikoen for at tilhengeren kan velte ved skarpe svinger, og spesielt om tilhengeren er høyt lastet. I noen tilfeller kan det være omtrent umulig for en stor lastebil og komme gjennom svingen om den er for trang. Konklusjonen her er at rundkjøringer, spesielt om de er i områder med industri og terminaler, bør utvides og prosjekteres slik at de har en minimumsradius på 12 meter. Dette gjelder for alle norske storbyer.

Et annet resultat som er verdt å nevne, er at det flere steder er etablert såkalte ”snuplasser” med liten radius. Dette kan man se på Figur 46 som viser Heggstadmoen. Her ser man flere steder at det er snuplass i enden av en gate. Selv om flere av disse befinner seg i industriområder, har de mindre radius enn det som er dimensjonerende radius for en lastebil. Dette kan føre til at lastebiler ikke kan benytte seg av disse snuplassene, og heller må rygge ut. Det kan diskuteres at siden dette er i relativt isolerte områder hvor det er mest industri, vil det ikke være en sikkerhetsrisiko eller plage mange andre enn lastebilene selv, og eventuelle andre lastebiler som må vente på å få rygge. På den andre siden er det lite hensiktsmessig å etablere en snuplass om den allikevel ikke er stor nok for det tiltenkte formålet. På steder med stort trafikkvolum, hvor kødannelse på grunn av lastebiler som skal snu er et problem, bør disse snuplassene økes i størrelse for å gjøre svingebevegelser lettere for lastebiler.

Figur 58 viser at det er høyderestriksjoner på grunn av tunnel på Ila. Skiltet høyde er lavere enn 4,6 meter, som normalt er kravet om fri høyde i tunneler i Norge. Den ene tunnelen merket av på Figur 72 brukes mye av gjennomgangstrafikk, og særlig godstrafikk. Figur 72 viser også at det kjører minimum 100 tunge kjøretøy gjennom denne tunnelen i døgnet. Det er derfor litt overraskende at denne er skiltet lavere enn 4,6 meter. Det kan være at det bare er noen centimeter mindre enn 4,6 meter, men det vites ikke i denne oppgaven. Dette er uansett noe å legge merke til.



Figur 72: Rosa strekninger representerer ÅDT større enn 100 for tunge kjøretøy. Rød ring representerer tunnel med høyderestriksjon.

Ettersom dagligvarebutikker ofte er lokalisert i boligområder i Norge, vil det alltid være noen lastebiler som kjører i disse områdene. Rundt boligområder er det ofte skoler og barnehager og andre som er sårbare ovenfor lastebiltrafikk. Det er viktig at slike sårbare populasjoner unngås i størst mulig grad. For byer i Norge anbefales det derfor at rådgivende lastebilruter peker ut de vegene som er i minst mulig konflikt med slike sårbare områder. Generelt bør lastebilene føres *rundt* boligområdene så godt det lar seg gjøre, fremfor gjennom boligområdene.

Som nevnt, viser resultatene fra ArcMap at de fleste vegstrekninger i Trondheim egnet til å føre lastebiler på. Ved studering av kart over ÅDT for tunge kjøretøy ser man at lastebilene kjører på alle de vegene som blir identifisert som tilfredsstillende veger. Det vil si at de har mange alternativer når de velger en rute for leveransene sine og velger deretter. Dette kan antas å gjelde for mange områder i andre storbyer i Norge også. Ettersom situasjonen er denne, kan innføring av rådgivende lastebilruter ha et potensiale for en positiv utvikling. Om man innfører en rådgivende rute kan man bruke retningslinjer til å føre alle lastebilene på én eller noen få ønskede utvalgte veger, i stedet for at de er fordelt på alle tilgjengelige veger. Dette kan ha positive effekter i form av større tilgjengelighet og sikkerhet for myke trafikanter på de vegene lastebilene blir ført vekk fra. Det kan for eksempel gjøres ved å etablere sykkelveger eller sykkelfelt. Sikkerheten vil dermed bedres om lastebilene føres på kun en veg. Det vil da være tryggere for myke trafikanter på disse vegene. Om alle lastebilene kjører på en veg, vil det genereres mer støy på akkurat denne vegen, men det vil være lettere å innføre tiltak om det kun er en veg det må gjøres for. Slike retningslinjer kan også brukes til å føre lastebilene på de vegene som går rundt boligområder og andre sårbare områder, i stedet for gjennom de, når disse vegstrekningene i utgangspunktet er like attraktive for transportørene.

5.3 Begrensninger i data

Gjennom arbeidet med denne masteroppgaven, har det dukket opp begrensninger på tilgjengelig data ved flere anledninger. Det har både skjedd at data ikke er tilgjengelig i det hele tatt, men også at de er tilgjengelige, men vanskelig og/eller svært arbeidskrevende å få tak i. Dette kan tyde på at arbeid med godstransport må prioriteres høyere. For å kunne planlegge innen godstransport er det viktig med gode og tilstrekkelige data.

Som nevnt i tidligere kapitler er det ikke tilgjengelige data om vegbredder på kommunale veger. Dette bør det arbeides med for å få kartlagt og lagret i en database for fremtidig arbeid. Det optimale hadde vært å vite kjørebanebredder i tillegg til dekkebredder. Dette ville dannet et bredere grunnlag for en nøyaktig og god analyse.

Slik situasjonen er i dag er vektrestriksjoner kun tilgjengelig i *Veglistene*. Dette medfører at man må lete frem hver enkelte veg, hver for seg. Dette er meget arbeidskrevende om man skal kartlegge et helt område. Det hadde vært en fordel om disse dataene fantes i et datasett i GIS-format, som kan brukes i ArcMap. På denne måten har man muligheten til å identifisere alle vegstrekninger som tilfredsstillende kravene som settes. Av denne grunn bør slike data digitaliseres og tilgjengeliggjøres for ArcMap. På denne måten kan det brukes i ArcMap for å vise på en oversiktlig måte hvor man bør kjøre, og hvor det er umulig på grunn av vektrestriksjoner.

Det ble gjort forsøk på å identifisere via ArcMap hvor det var trafikkøyer, skilt og lignende som er plassert mellom kjørefelt. Dette ble gjort for å se hvor lastebiler ikke har mulighet til å "stjele" plass av andre kjørefelt i kryssområder. Slike data var ikke lett tilgjengelig. Det er usikkert om det er mulig å få tak i, i så fall virker det svært arbeidskrevende. Dette er informasjon som ville vært nyttig å ha. Analysen som er gjort i denne masteroppgaven ble tilfredsstillende utført selv om dette ikke var tilgjengelig, men om dette blir tilgjengelig vil det forbedre analysen.

Andre data som med fordel kunne vært tilgjengelig via ArcMap, er en oversikt over hvilke veger som har kjøreforbud for lastebiler. Et eksempel er Gamle Bybro som er stengt for biler/lastebiler. På Figur 73 vises det ikke at den er stengt for motorisert trafikk. Det kunne med fordel inngått i analysen. Analysen som er utført ville dermed blitt forbedret om det var mulig å legge inn et datasett som viste hvilke veger lastebiler ikke får lov til å kjøre på.



Figur 73: Gamle Bybro fra Midtbyen til Baklandet

5.4 Viktige aspekter ved utvikling av en lastebilrute

Når man skal utvikle en rådgivende lastebilrute, altså en rute som gir retningslinjer til hvilke veger lastebiler bør kjøre, er det flere faktorer som må vurderes opp mot hverandre. Ofte er det slik at dersom man prioriterer én faktor, blir gjerne andre faktorer nedprioritert. Sikkerhet, miljø og økonomi er eksempler på faktorer som må vurderes opp mot hverandre, og vil bli videre diskutert i avsnittene under.

Man vil ikke kunne si hvilken av disse faktorene som er viktigst da dette kan endre seg i forhold til preferanser og prioriteringer til ulike tider og steder. Et samfunn kan for eksempel ha noen mål og prioriteringer en periode, og andre neste periode.

Om man velger å prioritere for eksempel sikkerhet, som ofte bør prioriteres høyt, er det viktig at man innfører retningslinjer som fører lastebiler *rundt* boligområder med skoler og barnehager etc. i stedet for gjennom. Man vil ha færrest mulig kryssingsområder med lastebiler og slike sårbare områder, da dette kan føre til ulykker med alvorlige konsekvenser. Som et eksempel, er det større risiko for at barn løper ut i trafikken uten å se seg om, da de ikke har lært seg respekt for trafikk i så ung alder. Om det er lastebiler i området, er risikoen for å bli alvorlig skadet større enn ellers, ettersom de både har større blindsoner og treffer barnet med større kraft. Også eldre mennesker er ofte mer utsatt, ettersom de ofte har nedsatt hørsel, synsevne og mobilitet. En positiv bieffekt av å føre lastebilene *rundt* slike områder er at man vil få mindre forurensning og støyplager i disse områdene.

Som allerede nevnt vil gjerne andre faktorer bli nedprioritert ved prioritering av en annen. Eksempelet ovenfor nevnte prioritering av sikkerhet. Om man vil føre lastebiler rundt områder i stedet for gjennom, må de ofte kjøre en lenger vei. Dette kan påvirke økonomiske forhold for transportørene i forhold til tidsbruk og drivstofforbruk. Dette kan igjen føre til mer utslipp knyttet til kjøring av lengre distanser. På denne måten vil både de to faktorene økonomi og miljø bli nedprioritert i forhold til sikkerhet.

Disse virkningene vil virke begge veier. Om transportfirmaer velger å prioritere for eksempel kortest reisetid, og dermed økonomi, kan dette ofte gå utover sikkerhet og

miljø. Dette kan være ved å både kjøre gjennom boligområder og andre sårbare områder, og kjøre i store stigninger for å spare tid ved å unngå omveier. Ved å kjøre i store stigninger for å kjøre kortere kan også miljøet påvirkes, i form av større NO_x-utslipp.

Som det ble innledet med, må man vurdere flere faktorer opp mot hverandre når man skal utvikle en rådgivende lastebilrute. Hva man prioriterer medfører ofte konsekvenser for andre faktorer. Det er derfor viktig at det foretas en grundig evaluering av disse faktorene og hva som er mest passende i forhold til tid og sted, før det tas en beslutning.

KAPITTEL 6 – OPPSUMMERING OG KONKLUSJON

Hovedmålet med denne masteroppgaven har vært å etablere en metodikk som benytter ArcGIS for å produsere og presentere informasjon som kan brukes til å utvikle gjennomførbare, effektive og trygge lastebilruter basert på data og kriterier som er identifisert. I denne oppgaven skulle det presenteres informasjon for å utvikle en lastebilrute for Trondheim by. Men denne metodikken skulle også kunne benyttes for å lede utviklingen av lastebilruter i andre byer.

Delmål har dermed vært å skaffe informasjon om hvilke kriterier som er viktige ved utvikling av en lastebilrute, og å fastsette nødvendige inndata/faktorer som kreves for å utvikle en effektiv lokal lastebilrute.

Det ble konkludert med at disse faktorene skulle være:

- stigningsgrad
- radius i kurver
- høyderestriksjoner
- kjøreforbud på grunn av gågater
- vegbredder og antall kjørefelt

I tillegg ble bygninger kategorisert etter om de genererte lastebiltrafikk eller om de var sårbare ovenfor lastebiltrafikk.

Programvaren ArcGIS, med modulen ArcMap, ble brukt til å utføre analyser av vegstrekningene i Trondheim med faktorene nevnt ovenfor. Dette ble gjort for å se hvilke vegstrekninger som egner seg til lastebilruter.

Resultatene fra analysene viste at de fleste vegstrekninger i Trondheim er egnet til å føre lastebiler på. Det var lite variasjon i resultatene, og det var få strekninger som var ugunstige som komponenter i en lastebilrute. Ettersom det var lite variasjon i resultatene, var det dermed ingen ruter som sto frem som beste alternativ å føre lastebilene på. Det var heller mange strekninger av tilfredsstillende kvalitet for en

lastebilrute som førte til samme destinasjon. ÅDT-registreringer bekreftet dette, og viste at tunge kjøretøy ofte kjører forskjellige ruter til samme destinasjon.

Det var noen få strekninger som ikke egnet seg som komponenter i en lastebilrute i Trondheim. Årsaken til dette var at faktorene stigninger og radier i kurver ikke tilfredstilte kravene. Det er hovedsakelig i boligområder det er for store stigninger og/eller for små radier, og i slike områder genereres det ikke så mye lastebiltrafikk.

Som nevnt er de fleste strekninger i Trondheim egnet til å føre lastebiler på. Dette kan antas å gjelde for mange områder i andre storbyer i Norge også. Ettersom situasjonen er denne, kan det være rimelig å konkludere med at rådgivende lastebilruter kan være nyttig både med tanke på sikkerhet, miljø og økonomi. Om det innføres retningslinjer for hvor lastebilene kan kjøre, vil man få lastebilene mer konsentrert på enkelte ønskede veger fremfor, i stedet for fordelt på alle tilgjengelige veger.

Gjennom arbeidet med å samle inn data for å utvikle effektive lastebilruter, ble det oppdaget at det var begrenset data tilgjengelig på flere områder. Noen data var ikke registrert i det hele tatt, mens andre var ikke i GIS-format og var svært arbeidskrevende å få tak i. Dette gjelder for eksempel data om vegbredde, vektrestriksjoner, kjøreforbud og hinder i vegen. Som nevnt skriver Allen, Thorne et al. (2007) at frem til midten av 1990-tallet hadde forskere og politikere svært lite fokus på de økende problemene i forhold til godstransport i byer, i forhold til fokuset på passasjertransport. De siste årene har dette bedret seg, og nå er det en økende interesse for bylogistikk. Allikevel kan det tyde på at det behøves mer ressurser på fagområdet godstransport, ettersom det er begrenset data tilgjengelig. Dette er et viktig tema som behøver mer oppmerksomhet, og for å kunne planlegge innen godstransport er det viktig med gode og tilstrekkelige data. Analysene som ble utført i denne masteroppgaven indikerer at tiltak som for eksempel rådgivende lastebilruter bør innføres. Om flere data er tilgjengelig vil man kunne forbedre analysene, slik at man kan få mer nøyaktige resultater og indikasjoner på hvilke tiltak som bør implementeres.

Når det skal utvikles en rådgivende lastebilrute må man vurdere flere faktorer opp mot hverandre. Hva man prioriterer medfører ofte konsekvenser for andre faktorer. Man vil ikke kunne si hvilken faktor som er viktigst, da dette kan endre seg i forhold til preferanser og prioriteringer til ulike tider og steder. Et samfunn kan for eksempel ha noen mål og prioriteringer en periode, og andre neste periode. Man kan dermed konkludere med at det er viktig at det foretas en grundig evaluering av disse faktorene og hva som er mest passende i forhold til hva som er viktigst å oppnå for den aktuelle tid og sted, før det tas en beslutning.

Retningslinjer for hvor lastebiler bør kjøre er et tiltak som fører med seg flere fordeler, og som derfor bør implementeres. Det kan blant annet føre til bedre utnyttelse av vegene. Dette kan være ved at andre veger hvor konsentrasjonen av lastebiler vil reduseres, kan tilrettelegges mer for myke trafikanter. Dette kan for eksempel være at gangfelt, sykkelfelt eller sykkelveger kan innføres på slike veger. Et annet positivt utfall er at ressursene for vedlikehold og forbedringer av tungt trafikkerte veger brukes på de få utvalgte vegene lastebilene føres på, fremfor at det fordeles som mindre ressurser på alle veger.

Etter intervjuer av transportører og butikkeiere i Midtbyen utført av Rødseth, Nicolaisen et al. (2002) beskrevet i Kapittel 1, ble det konkludert med at de blant annet ønsker bedre framkommelighet for varelevering, og fysisk tilrettelegging for mer effektiv varetransport. Øvstedal (2008), også beskrevet i Kapittel 1, skrev blant annet at aktørene mener det er behov for et hovedvegnett. Det kan dermed konkluderes med at tidligere forskning viser at det er et behov for rådgivende lastebilruter, som er presentert i denne masteroppgaven

Som nevnt har godstransport vært mer i fokus de siste årene, og flere tiltak har blitt forsøkt for å redusere problemer. Innføring av rådgivende lastebilruter har blitt nevnt i litteratur som eksempler på tiltak ved flere anledninger, men det har ikke blitt forsøkt implementert i Norge. Potensialet for dette tiltaket kan være stort, og det er et tiltak som mest sannsynlig vil gagne flere parter. Det kan brukes av alle, så lenge de nødvendige dataene er tilgjengelig. I Norge er disse dataene tilgjengelig via NVDB, slik at alle norske byer har muligheten til å utvikle slike lastebilruter.

Arbeidet som er gjort i denne masteroppgaven skal kunne benyttes som informasjon til å utvikle rådgivende lastebilruter for alle storbyer. Det er etablert en generell metodikk ved hjelp av ArcMap, slik at en by som ønsker å utvikle en slik lastebilrute, kun behøver å fremskaffe de nødvendige dataene.

BIBLIOGRAFI

Aksnes, J. (2002). "A study of load responses towards the pavement edge."

Allen, J., Thorne, G. og Browne, M. (2007). "BESTUFS Good practice guide on urban freight transport."

Assum, T. og M. W. J. Sørensen (2010). 130 dødsulykker med vogmtog. Gjennomgang av dødsulykker i 2005-2008 gransket av Statens vegvesens ulykkesanalysegrupper, Transportøkonomisk institutt.

Byplankontoret (2006). Gatebruksplan for Midtbyen 2007, Trondheim kommune.

DieselNet (2014). EU Emission Standards for Heavy-Duty Diesel Engines: Steady-State Testing.

Engstrøm, J. E. og A. Hovd (1986). Geometrisk utforming av veger. [Trondheim], Tapir.

ESRI (1998). "ESRI Shapefile Technical Description."

ESRI (2014). "ArcGIS Resources : Schematic diagrams building."

ESRI (2014). "ArcGIS Resources: ArcGIS Help 10.1 : Displaying a subset of features in a layer ".

Haldorsen, I. (2013). Dybdeanalyser av dødsulykker i vetrafikken 2012, Vegdirektoratet.

Hassel, D. og F.-J. Weber (1997). "Publication data form." Notes.

Hauge, B. og J. Torset (2010). Førerkortboka: klasse CE : vogntog. Bekkestua, NKI forl.

Heggum, K. (2013). Litteraturstudie: Utvikling av lokale lastebilruter, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet.

Hovd, A. (1986). Sikkerhet. Trondheim, instituttet.

Bidrag til: Vegtunnelen som trafikkanlegg : 5.-7. mars 1986, Dr. Holms hotell, Geilo.

Hovd, A. (2012). TBA4201 Veg og miljø, forelesning - Vertikalkurvatur. NTNU, Trondheim.

Hovi, I. B. og A. Madslie (2008). Reviderte grunnprognoser for godstransport 2006-2040.

Institute of Transportation Engineers, I. (1973). Selection and signing of truck routes in urban areas.

Jenssen, G. D., Bjørkli, C. og Flø, M. (2006). "Vurderinger E39 Rogfast." Trygghet, monoton, og sikkerhet i krisesituasjoner og ved normal ferdsel (in Norwegian). SINTEF Teknologi og Samfunn, Transportsikkerhet og-informatikk, Trondheim.

Jernbaneverket (2009). Dagens transportstrømmer Midt-Norge.

Kageson, P. (1998). "Cycle-beating and the EU test cycle for cars." European Federation for Transport and Environment, Brussels.

Kartverket (2013). "FKB - Felles kartdatabase."

Kartverket (2014). "SOSI."

Lamm, R., Psarianos, B. og Mailaender, T. (1999). Highway design and traffic safety engineering handbook, McGraw-Hill New York.

Larsen, I. K. og J. Andersen (2004). Godstransport i byområder. Nøkkeltall, trender og tiltak, Transportøkonomisk institutt.

Moltumyr, T. og A. Hovd (1993). Premisser for linjeføringsdelen i vegnormalene. Trondheim, SINTEF.

Norvik, R., Levin, T., Sund, A. B., Gabriel, H. M., Nicolaisen, T. og Toftegaard, A. (2011). Grønn godstransport, SINTEF.

Oterholm, A. I. (2008). Bruk av ArcGIS.

BIBLIOGRAFI

Ramsdal, R. (2013). Dette er galt med diesel-testene. Teknisk ukeblad (Kilde: <http://www.tu.no/industri/2013/02/15/dette-er-galt-med-diesel-testene>).

Rygvold, M. (2009). Systematisering og struktur av godstrømmer i Trondheim, Idea Consulting.

Rygvold, M., Netter, J. E. M., Skjøstad, J. S. og Voldmo, F. (2007). Næringstransporter i Region Midt, Statens Vegvesen Region Midt.

Rødseth, J., Nicolaisen, T og Aarland, R. (2002). Effektiv varedistribusjon. Forprosjekt: Varedistribusjon i Midtbyen, SINTEF og KPMG.

Samferdselsdepartementet (2007). Forskrift om minimum sikkerhetskrav til visse vegtunneler (tunnelsikkerhetsforskriften). Lovdata

Samferdselsdepartementet (2013). Euro VI avgass tunge kjøretøy. Regjeringen, Europaportalen.

Samferdselsdepartementet (2013). Nasjonal transportplan 2014-2023. [Oslo], [Regjeringen].

SSB (2009). Transport i Norge.

Statens vegvesen (2013). OPPLÈGG FOR REGISTRERING , LAGRING OG AJOURHOLD AV TILSTANDSDATA FOR VEGNETTET.

Statens vegvesen (2014). "Nasjonal vegdatabank (NVDB)."

Statens vegvesen (2014). Vegkart.

Statens vegvesen (2014). "Veglister."

TEMPO (2014). "Transport og miljø, Godstransport."

Transportation Research Board, T. (2010). Highway capacity manual. Washington, D.C., TRB.

Trondheim kommune (2006). Transportplan for Trondheim 2006-2015.

Tysnes, G. (2012). Nye normaler for landbruksveger.

Tørset, T., Aakre, A., Børnes, V. og Rennemo, O. (2011). Fartsmodell for næringslivets transporter. Datagrunnlag og dokumentasjon av modell., SINTEF Teknologi og samfunn, Transportforskning.

Vegdata (2014). "NVDB Datakatalog."

Vegdirektoratet (2005). Håndbok 250 Byen og varetransporten. Oslo, Vegdirektoratet.

Vegdirektoratet (2009). "Håndbok 185 Bruprojektering."

Vegdirektoratet (2010). "Håndbok 021 Vegtunneler."

Vegdirektoratet (2013). Håndbok 017 Veg- og gateutforming.

Vegdirektoratet (2013). Premisser for geometrisk utforming av veger: [håndbok 265]. Oslo, Vegdirektoratet.

vegvesen, S. (2014). "Produktspesifikasjon Høydebegrensning." from <http://129.241.253.50:8080/datakatalog/eksport/produktspesifikasjon/591.pdf>.

VMZ Bremen (2014). "LKW-Verkehr/Freight transport." from <http://vmz.bremen.de/lkw-verkehr/>.

Vaa, T., Elvik, R., Høye, A., Sørensen, M. W. J. (2012). Trafikksikkerhetshåndboken. Oslo, Transportøkonomisk institutt.

Øvstedal, L. (2008). Handlingsplan for effektiv varetransport i Trondheim, SINTEF Teknologi og samfunn, Veg- og transportplanlegging.

VEDLEGG A: Oppgavetekst

MASTEROPPGAVE

(TBA4940 Veg, masteroppgave)

VÅREN 2014

for

Kjersti Synøve Bogen Heggum

Utvikling av lokale lastebilruter i Norge

(Development of Local Freight Routes in Norway)

BAKGRUNN

Despite the importance of goods movement to the economy, freight transport issues have traditionally taken a back seat to passenger transport interests. As urban areas continue to grow and both passenger and freight traffic volumes increase, it is important to develop a better understanding of the role and impact of goods movement within the transport system. This increased understanding can help mitigate the adverse impacts of freight on society, including operational, environmental and safety impacts. Urban areas are of particular interest when studying the impacts of freight transport due both to the increased interactions between trucks and other transport system users, as well as the limitations of urban infrastructure.

Urban freight planning is a complex subject but one of the first issues to be considered when examining goods movements in an urban environment is determining where trucks travel. While the movements of trucks through a local area is often outside of the jurisdiction of local authorities and influenced by the origins and destinations of trips, the development of truck routes through an urban area can influence and encourage truck drivers to designated roads, which can in turn improve mobility and safety for all roadway users. The development

of an appropriate freight plan considers input from both industry and community stakeholders and considers road characteristics, land use, and interaction with other transport modes, among other factors to establish safe and efficient routes for truck to travel between destinations.

Previous prosjektoppgave work focused on developing insights into urban goods movement in Norway and worldwide as a means of preparing for this thesis. This included performing a literature review of the existing studies of urban freight in Trondheim and in Norway, providing an overview of the development of local freight routes in other urban areas, including best practices and lessons learned, and identifying factors which should be considered, and stakeholder who should be consulted with when developing local freight routes

OPPGAVE

Målet med denne masteroppgaven er å utvikle en lastebilrute for Trondheim by som kan brukes i fremtidig forskningsinnsats. Gjennom utviklingen av denne lastebilruten, vil det også bli etablert en metodikk for å lede utviklingen av lastebilruter i andre byer. Lastebilruten vil bli gjennomført på lokal eller urban skala ved hjelp av ArcGIS.

Beskrivelse av oppgaven

Deloppgaver skal omfatte:

- Fastsettelse av nødvendige inndata/faktorer som kreves for å utvikle en effektiv lokal lastebilrute.
- Etablering av en metodikk som benytter ArcGIS for å utvikle gjennomførbare, effektive og trygge lastebilruter basert på data og kriterier som er identifisert i den første deloppgaven. Dette vil omfatte både kvantitativ vurdering og etablering av beste praksis.
- Utvikling av en lastebilrute for Trondheim by.

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 bearbeidingen og selvstendighet 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>)
- forord
- 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)
- innholdsfortegnelse inklusive oversikt over figurer, tabeller og vedlegg
- om nødvendig en liste med beskrivelse av viktige betegnelser og forkortelser benyttet
- hovedteksten
- referanser til kildemateriale som ikke er av generell karakter, dette gjelder også for muntlig informasjon og opplysninger.
- oppgaveteksten (denne teksten signert av faglærer) legges ved som Vedlegg 1.
- besvarelsen skal ha komplett paginering (sidenummerering).

Besvarelsen kan evt. utformes som en vitenskapelig artikkel. Arbeidet leveres da også med rapportforside og tittelside og om nødvendig med vedlegg som dokumenterer arbeid utført i prosessen med utforming av artikkelen.

Se forøvrig «Råd og retningslinjer for rapportskrivning ved prosjektarbeid og masteroppgave ved Institutt for bygg, anlegg og transport». Finnes på <http://www.ntnu.no/bat/skjemabank>

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.

Ved innlevering av oppgaven skal kandidaten levere en CD med besvarelsen i digital form i pdf- og word-versjon med underliggende materiale (for eksempel datainnsamling) i digital

form (f. eks. excel). Videre skal kandidaten levere innleveringsskjemaet (fra DAIM) hvor både Ark-Bibl i SBI og Fellestjenester (Byggsikring) i SB 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 godkjenning 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, befarang, 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/>.

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.

Innleveringsfrist:

Arbeidet med oppgaven starter 14. januar 2014.

Besvarelsen leveres senest ved registrering i DAIM innen 10. juni 2014 kl. 23.59.

Faglærer ved instituttet: Kelly Pitera.

Veileder (eller kontaktperson) hos ekstern samarbeidspartner:

Edward McCormack, Statens vegvesen.

Institutt for bygg, anlegg og transport, NTNU

Dato: 18.01.2014



Kelly Pitera

Faglærer

VEDLEGG B: Dimensjoneringsklasser veg - standardkrav

Tabell C.2: Dimensjoneringsklasser for veg – standardkrav

	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H ₁	H ₂	Sa1	Sa2	Sa3	A1	A2	A3
Vegtype	H/H ₀	H	H	H/H ₀	H/H ₀	H/H ₀	H/H ₀	H/H ₀	H/H ₀	H ₀	H ₀	Sa	Sa	Sa	A	A	A
ADT	<12'	<4'	<4'	4'-6'	6'-12'	>12'	>12'	12'-20'	>20'	<1,5'	1,5'-4	<1,5'	>1,5'	<1,5'	A	A	A
Fartsgrense [km/t]	60	80	90	80	60	60	80	100	100	80	80	50	50	80	30	50	50
Tverrprofil [m]	8,5	8,5	8,5	10	12,5	16	20	20	23	6,5	7,5	6	6,25*	6,5	5	7	4
Skulder [m]	1	1	1	1	1,5	0,75	1,5	1,5	3	0,5	0,75	0,25	0,5	0,5	0,5	0,5	
Kjøreløst [m]	3,25	3,25	3,25	3,5	3,5	3,25/3,25	3,5/3,5	3,5/3,5	3,5/3,5	2,75	3	2,75	2,75	2,75	4	3	4
Indre skulder [m]					0,75	0,25	0,5	0,5	0,5								
Skille kjøreføring				1FM	1MR	1MK	2MR	2MR	2MR								
Indre skulder [m]					0,75	0,25	0,5	0,5	0,5								
Kjøreløst [m]	3,25	3,25	3,25	3,5	3,5	3,25/3,25	3,5/3,5	3,5/3,5	3,5/3,5	2,75	3	2,75	2,75	2,75	3	3	3
Skulder [m]	1	1	1	1	1,5	0,75	1,5	1,5	3	0,5	0,75	0,25	0,25	0,5	0,5	0,5	
Alternativ utforming [m]	7,5/6,5											6*	6*	4	3,5		
Min. horisontalkurveradius [m]	125	250	450	300	450	175	300	700	700	200	200	95	55	200	30	60	60
Min. klottoide [m]	75	125	180	140	180	90	140	245	245	110	110	40	40	100	20	45	45
Stoppstikt [m]	70	115	175	145	175	75	145	255	255	100	100	45	45	100	20	45	45
Δst₁^{inngang}	-4	-9	-18	-14	-18	-4	-14	-35	-30	-8	-8	-2	-2	-8			
Δst₂^{utb}	5	12	27	20	27	6	20	55	44	11	11	2	2	11	50	100	100
Møtestikt [m]		450	550							450	450			210	50		
Forbikjørsikt [m]		2 800	6 400	4 400	6 400	1 200	4 400	1 3600	1 3600	2 100	2 100	400	400	2 100	300	400	1 100
Min. vertikalkurveradius, høy [m]	1 100	1 900	2 600	2 100	2 600	1 100	2 100	3 400	3 400	1 600	1 600	400	400	1 000	150	400	400
Min. vertikalkurveradius, lav [m]		8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	5	8	8
Maks. overhøyde [%]	6	6	6	6	6	6	6	6	5	8	8	6	6	8	8	8	8
Maks. stigning [%]	10	10	10	10	10	10	10	10	9,5	11,3	11,3	10	10	11,3	9,5	10	11,3
Maks. resulterende fall [%]	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Min. resulterende fall [%]																	
Kryssløsning	T,X,R	T,R	T,R	T,R,P	P,evt,T,R	T,X,R,P	P	P	P	T,R	T,R	T,X	T,X,R	T			
Avstand mellom kryss	250	500	1000	1000	1000	300	1000	3000	3000	250	250						
Min. horisontalkurveradius [m]	225(T,X)	400(T)	700(T)	500(T)	700(T)	275(T,X)				350(T)	500(T)	100(T)	100(T)	350(T)			
Min. vertikalkurveradius, høy [m]	2900	7100	16400	10900	16400	2600				5500	5500	1100	1100	5500			
Avkjørsler	B/AF	B	B	AF	AF	AF	AF	AF	AF	B	B	B	B	B	T	T	T
Min. vertikalkurveradius, høy [m]	1300	3500	8200							2700	2700						
Avstand mellom stopplommer [km]		5	5	3	2		3	3		5	5						
Forbikjøring																	
Eget- eller motg. felt																	
Belysning	I/B	I	I	I	E/M	E	E	E	E	M	M						
Dimensjonerende kjøreføring	VT	VT	VT	VT	VT	VT	VT	VT	VT	VT	VT	L	L	L	L	VT	L
Dimensjonerende kjøremåte	A,B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	C	B	B	C	C

* I tillegg kommer fortausløsning

Tegntabell:

Vegtype:
 HL-H4-H8 = Nasjonale hovedveger og øvrige hovedveger
 HL-H8 = Nasjonale hovedveger
 F₁-F₄ = Øvrige hovedveger
 S1 = Samleveger

Belysning:
 B = Krav om belysning
 I = Ikke belysning

Avkjørsel
 B = Begrens
 AF = Avkjørsel
 T = Tilsluttet

Forbikjøring:
 M = Mogjende felt
 E = Eget felt

Kryssløsning:
 T = T-kryss
 X = X-kryss
 P = Parallellkjøring
 P = Parallellkjøring

Skille mellom kjøreføring:
 FM = Forsøket midtoppmøking
 MK = Midteller med midtvekk
 MK = Midteller med kantstein

Dimensjonerende kjøreføring/kjøremåte:
 L = Lastbil
 A = Kjøremåte A
 B = Kjøremåte B
 C = Kjøremåte C