

Leon van der Meulen  
Bachelor project  
Sociale Geografie en Planologie  
Rijksuniversiteit Groningen  
s2351536  
2016



## Complexe analyses, simpele netwerken

Het versimpelen van het Nederlandse wegennetwerk voor snellere economische analyses

# Samenvatting

Digitale wegenbestanden zijn steeds vaker vrij beschikbaar in steeds groter detail, maar is dat hoge detailniveau altijd nodig? Voor veel (economische) analyses draait het om bereikbaarheid van steden en regio's en is de lokale situatie minder of zelfs niet relevant. De vraag is dan ook: Welke methodes zijn geschikt om van een gedetailleerd digitaal wegennetwerk te komen tot een versimpeld netwerk voor economische (netwerk)analyses? Verschillende Nederlandse datasets (Nationaal Wegenbestand, Open Street Map, TOP 10 NL) zijn uitgetest op de geschiktheid voor automatische versimpeling middels verschillende bestaande ArcGIS tools. De kwaliteit van de resultaten uit deze tools worden door middel van een visuele analyse besproken. De meeste datasets hebben potentie, maar zijn niet één op één geschikt. Hetzelfde geldt voor de tools die vooral op cartografische representatie gericht zijn. Ook de literatuur is met name gericht op visualisatie. Met deze beschikbare tools is het compleet versimpelen nog niet goed mogelijk, maar met een aantal aanpassingen is er zicht op een oplossing.

## Inhoud

### Samenvatting

2

### Introductie

3

### Theoretisch kader

3

### Methodologie

5

### Resultaten

11

### Conclusies en Discussie

16

### Nawoord

18

### Referenties

19

### Bijlagen

27

# Introductie

Digitale wegenbestanden zijn steeds vaker vrij beschikbaar in steeds groter detail, maar is dat hoge detailniveau altijd nodig? Voor de meeste gebruikers is dat wellicht handig, wanneer zij navigeren, wegbeheer uitvoeren, bouwprojecten plannen of zorgen voor een soepele bezorging van pakketjes. Veel analyses werken echter op basis van netwerken over bereikbaarheid van plekken en regio's (zie bijvoorbeeld Stelder 2014). Voor dit soort analyses is er geen noodzaak om alle straten en regionale wegen in het netwerk te hebben. Het draait namelijk om de hoofdverbindingen tussen belangrijke kernen. Hiervoor is generalisatie nodig. Veel bestaande methoden voor generalisatie van dergelijke bestanden zijn gericht op de cartografische representatie (Altena et.al. 2013; Samsonov, 2012) en niet op netwerken geschikt voor analyses. Om rekentijd te besparen en betere controle over de gewichten van het netwerk te hebben is een versimpeld netwerk nodig.

## Probleemstelling

Het doel van dit onderzoek is het onderzoeken van verschillende generalisatie en simplificatie methodes om een gedetailleerd digitaal wegennetwerk om te zetten in een versimpeld netwerk voor economische(netwerk)analyses. Om dit te bereiken wordt gezocht naar antwoorden op de volgende vragen:

Welke methodes zijn geschikt om van een gedetailleerd digitaal wegennetwerk te komen tot een versimpeld netwerk voor economische (netwerk)analyses?

Met daaronder als subvragen:

Aan welke criteria moet een netwerk voor economische analyses voldoen?

Welke (Nederlandse) datasets zijn hiervoor geschikt?

## Opbouw

Deze scriptie is als volgt opgebouwd: Na het theoretisch kader volgen de gebruikte datasets en de daar op gebaseerde de methodologie. De resultaten van de methodes zullen worden besproken en daarna worden de onderzoeksvragen beantwoord in de conclusie en bediscussieerd. Alle figuren vanaf figuur 2 zijn als bijlage toegevoegd, om de leesbaarheid te verbeteren.

## Theoretisch kader

Stelder (2014) geeft aan dat er een behoefte is aan digitale (historische)wegennetwerken die aangepast kunnen worden voor simulaties. Huidige netwerken zijn vaak vrij te gebruiken online, maar de structuur is een black box. Ze kunnen niet gemodificeerd worden voor simulaties. Verder stelt hij dat historische wegenkaarten niet consistent zijn zowel geografisch als in de classificaties. Brovelli et.al. (2015) werken aan een geautomatiseerde methode om digitale wegennetwerken te vergelijken. Zij halen meerdere auteurs aan die hier een voorzet toe hebben gegeven naar aanleiding van de openstelling van steeds meer

overheidsdata. Verder wordt hier onder andere de geografische inconsistentie tussen verschillende bestanden recht getrokken door binnen een bepaalde radius de wegen te koppelen en een nieuw bestand te genereren. Een ander belangrijk onderdeel is de generalisatie van het netwerk. Zijtakken van het netwerk en kleine krommingen in de wegen worden rechtgetrokken, terwijl de topologie en de geografische representatie behouden blijft. Vergelijking van classificaties is nog niet meegenomen. Dit staat op de planning voor verder onderzoek.

Generalisatie (Brovelli et.al., 2015) is het belangrijkste concept dat aangehaald wordt samen met datakwaliteit en beschikbaarheid van data (Brovelli et.al., 2015; Stelder, 2014). Voor generalisatie wordt het Douglas-Peucker algoritme gebruikt, een van de bekendste en meest gebruikte algoritmes voor het generaliseren van lijnen. Stelder (2014) haalt verder nog verschillende concepten met betrekking tot bereikbaarheid aan die voor deze scriptie direct minder relevant zijn, maar indirect wel kunnen bijdragen aan de eisen voor datakwaliteit en classificatie.

Waar Stelder (2014) een groter theoretisch en analytisch aandeel heeft in het paper vormt het artikel van Brovelli et.al. (2015) meer een technisch overzicht van de methode die zij hebben gebruikt en de beschikbaarheid van digitale wegenbestanden. Beide artikelen hebben gemeen dat de kwaliteit en beschikbaarheid van de netwerken centraal staan.

In beide artikelen worden wegenbestanden gebruikt om analyses op uit te voeren. In het artikel van Stelder (2014) worden deze nog aangemaakt, Brovelli et.al. (2015) gebruiken echter bestaande wegenbestanden en bewerken deze. De methode van Stelder (2014) is meer gericht op de output van het economisch model. Het GIS gedeelte is daarbij ondersteunend en vormt een basis voor dit model. Bij Brovelli et.al. (2015) is daarentegen het GIS gedeelte hetgeen waar alles om draait. De methode is gericht op het optimaliseren van de gebruikte technieken en het ontwikkelen van een geautomatiseerde methode voor het maken van de genoemde vergelijking. Beide methodes zijn kwantitatief met een grote technische component.

De gebruikte codering voor wegen en de bijbehorende snelheid in Stelder (2014) is een handvat voor de vergelijking van verschillende bestaande netwerk datasets en het uiteindelijk te ontwikkelen netwerk. Door de gebruikte classificaties om te zetten naar eenzelfde classificatiesysteem is het mogelijk om de datasets te vergelijken. Hiernaast zijn de door hem genoemde veel voorkomende problemen bij het opzetten en gebruiken van een netwerk zeer bruikbaar bij het opstellen van de methodiek en kunnen helpen om problemen voorkomen in het proces.

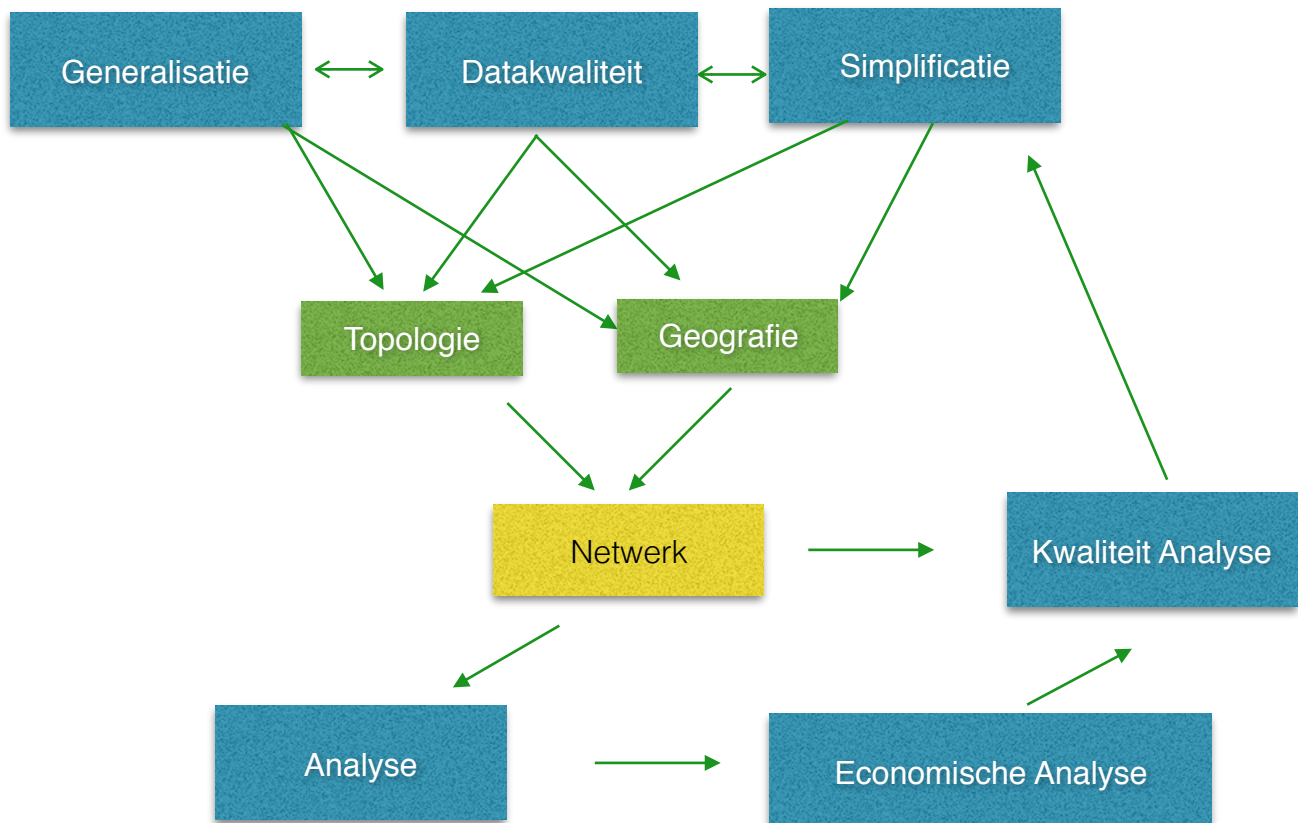
De gebruikte methodes door Brovelli et.al. (2015) vormen een uitstekende basis voor de analyse van deze scriptie. De tools die zij aanreiken en hebben ontwikkeld zijn hiervoor zeer geschikt evenals de aangegeven referenties naar eerdere studies naar datakwaliteit van OpenStreetMap ten opzichte van andere netwerkdatasets. Deze zijn weer te gebruiken voor het vergelijken van andere databronnen. De gebruikte tools zijn beschikbaar en dus te gebruiken voor de analyse van deze scriptie.

Voor deze scriptie zijn de belangrijkste concepten:

Datakwaliteit. Hier gedefinieerd als volledig en consistent in zowel geografie, topologie en classificatie van de wegen (Stelder, 2014; Brovelli et.al. 2015).

Generalisatie. Hier gedefinieerd als het proces waarbij het een wegenbestand versimpeld wordt. Op deze manier zal het aantal lijnstukken verminderen en daarmee de rekentijd die nodig is voor de analyses verkorten. Het meest gebruikte algoritme hiervoor is dat van Douglas-Peucker (Brovelli et.al. 2015).

## Conceptueel Model



## Methodologie

Deze scriptie omvat twee methodes voor het versimpelen van een digitaal wegenbestand. Beide methodes komen voort uit de beschikbare data voor Nederland en vormen een aaneenschakeling van beschikbare tools.

Beide methodes zijn opgesteld vanuit het theoretisch kader, maar met name ook vanuit niet wetenschappelijke (online) bronnen. Waaronder technische fora, zoals Stackexchange en Geonet. Daarnaast ook software documentatie, voorbeelden en ervaring van de auteur en zijn collega's.

Een geschikt netwerk voor economische analyses dient de hoofdverbindingen tussen kernen te bevatten met zo min mogelijk extra detail, zoals afritten en rotondes. Minder detail zorgt voor meer controle over de gewichten en beperkt de rekentijd.

Voor het generaliseren en simplificeren van geografische data zijn veel tools beschikbaar binnen verschillende GIS (Geografisch Informatiesysteem) pakketten. Voor deze scriptie is gekozen voor het gebruik van ArcGIS desktop. De reden hiervoor is de beschikbaarheid

van het pakket binnen de universiteit, de opgebouwde ervaring met het programma door de auteur en zijn collega's én de ruim aanwezige documentatie en bestaande voorbeelden. Er is ook gekeken naar open source alternatieven zoals Qgis, Postgis en Python scripting, maar deze mogelijkheden vereisen veelal specifieke kennis van database analyses en scripting (Brovelli et.al., 2015). Dat valt namelijk buiten de omvang van een bachelorproject.

De datasets die gebruikt zijn, zijn sets die online beschikbaar zijn als open data. In dit geval het Nationaal Wegenbestand, de TOP 10 NL en OpenStreetMap samen met een gedigitaliseerd bestand van FALK uit 2001.

## **FALK Wegenbestand 2001**

Dit bestand is een vectorbestand dat is gedigitaliseerd voor een onderzoek van Stelder (2014). Met de hand is een papieren kaart overgetekend. De focus is hierbij niet gelegd op het maken van een topologisch correct netwerk, omdat destijds is gekozen voor een raster analyse. Door middel van een hoge snap afstand de zijn de wegen aan elkaar gekoppeld. Het nadeel van dit bestand is dat alleen de hoofdwegen zijn ingetekend. Het omzetten naar een gesimplificeerd netwerk is dus al gedaan. Dat betekent dat het niet mogelijk is om het proces te vergelijken met de huidige datasets. Deze dataset zal samen met de literatuur van Stelder als basis dienen voor de weg- en snelheidsclassificatie.

Het bestand van 2007 is al omgezet naar een netwerk en wordt gebruikt ter referentie evenals een vergelijkbaar bestand uit 2001. Het zal dan ook aangehaald worden in de rest van dit onderzoek als het referentienetwerk.

## **Nationaal Wegenbestand (Rijkswaterstaat, 2015)**

Dit is het bestand dat de Rijkswaterstaat namens de overheid beheert en sinds een aantal jaar open beschikbaar is gesteld. In het Nationaal Wegenbestand zijn op een schaal van 1:10.000 alle wegen gekarteerd die in het beheer zijn van Rijk, Provincie, Waterschappen en gemeenten die een straatnaam of nummer bevatten. Binnen het Nationaal Wegenbestand is er een onderscheid in spoorwegen, autowegen en waterwegen.

Het Nationaal Wegenbestand is gebaseerd op verschillende bronnen, waaronder de TOP10NL.

Het Nationaal Wegenbestand gaat uit van de hartlijnen van een weg en niet - zoals vaak bij andere wegenbestanden - van de as van de weg. Dit betekent in de praktijk dat als een weg bijvoorbeeld een fietspad (of -strook) aan de rechterzijde heeft, de gedigitaliseerde wegvakken van de weg meer naar rechts liggen dan wanneer de as van de voor gemotoriseerd verkeer toegankelijke weg genomen wordt (Rijkswaterstaat, 2013 p15).

Per wegvak zijn een aantal attributwaarden opgegeven, hieronder volgen de belangrijkste voor dit onderzoek (Rijkswaterstaat, 2013 p10-14).

### **Wegbeheerdersoort**

Een wegbeheerder wordt gedefinieerd als een instantie of rechtspersoon die, als staatkundig onderdeel van de Nederlandse staat, een (deel van de) weg beheert. Een weg is een verzameling wegvakken die door een wegbeheerder wordt beheerd en die een min of meer aaneengesloten weg vormt (hoewel een kort ontbrekend stuk denkbaar is). Het kan hier om een straat gaan, maar bijvoorbeeld ook om een rijksweg.

Wegbeheerdersoortcode

Het waardebereik van dit attribuut is: beheerd door het Rijk (R), een provincie (P), een gemeente (G), een waterschap (W) of een andere wegbeheerder (T).

Wegtype

Een code die een bepaald wegtype aanduidt.

- “1” = Achterlandverbinding
- “2” = Hoofdtransportas
- “3” = Hoofdweg
- “4” = Overige hoofdweg

Baansubsoort\_code.

Met deze code wordt een classificering van de functie die een wegvak in het wegennetwerk heeft aangegeven. Voor wegvakken die tot het hoofdwegennet behoren is dit attribuut altijd gevuld, voor overige wegen meestal niet.

De belangrijkste baansubsoorten zijn : HR : Hoofdrijbaan ; AF : Afrit, OP : Toerit ; BVD : Verbindingsweg direct ; MRB : Mini rotondebaan ; NRB : Normale rotonde baan ;

Een onderscheidende eigenschap van het nationaal wegenbestand is dat zeer duidelijk is gedefinieerd wat wordt verstaan onder een junctie (kruising). Dit kan helpen bij het opbouwen van het netwerk later.

Het voordeel van deze dataset is dat de classificatie over heel Nederland hetzelfde is, wat het selecteren van bepaalde wegen vergemakkelijkt. Daarnaast is de topologische correctheid van het netwerk goed. Iedere maand wordt deze set bijgewerkt (Rijkswaterstaat, 2013).

Deze dataset wordt het meest geschikt geacht door de auteur en zijn collega's aangezien het de officiële registratie van alle wegen is en bedoeld is voor het gebruik in analyses.

### **Open Street Map (OSM Wiki, 2015)**

Open Street Map is een open dataset die door een community is opgezet en wordt bijgehouden. Het volgt het principe van Wikipedia, wat wil zeggen dat iedereen kan bijdragen aan de dataset. Er zijn talloze editors voor PC's, maar ook steeds meer apps waarmee men gps tracks kan uitlezen en daarmee wegen toe te voegen of te verbeteren via een smartphone. Dit heeft een groot voordeel, namelijk dat de actualiteit zeer hoog is. Veel wegen zijn vlak na opening al toegevoegd aan het bestand. Andere bestanden hebben vaak een vertraging van weken tot maanden. Dit is ook een reden geweest voor Rijkswaterstaat om in gesprek te gaan met de Nederlandse Open Street Map gemeenschap om te werken aan een koppeling met het Nationaal Wegenbestand. Hiermee wil Rijkswaterstaat sneller mutaties in het wegennet kunnen verwerken (van der Weijden, 2015; Webwereld, 2015). Een nadeel van deze dataset is het feit dat wegen op verschillende manieren worden geclassificeerd door de verschillende bijdragers en het dus lastig is om op basis van de classificatie wegen te selecteren. Daarnaast is op sommige plekken de topologische

correctheid van het netwerk niet in orde. Bij afslagen en knooppunten van snelwegen bijvoorbeeld of bij kleinere wegen die over een snelweg heen gaan.

Qua attributen heeft Open Street Map een iets andere opzet dan de rest van de datasets. Deze werken met vaste kolommen waar Open Street Map keys en values gebruikt.

De belangrijkste key voor dit onderzoek is highway. De values die daarbij horen zijn motorway, trunk, primary, secondary, tertiary en daarnaast specifieke tags voor straten in de bebouwde kom, bospaden etc.

### **TOP 10 NL (Kadaster, 2015)**

TOP 10 NL is een digitaal topografisch bestand in het algemeen bruikbaar binnen een schaalbereik van 1:5.000 tot 1:25.000. Het is onderdeel van de Basisregistratie Topografie (BRT), sinds 2008 de verplichte kaartondergrond voor de overheid. De actualiteit van deze dataset is wel minder dan Open Street Map of het Nationaal Wegenbestand, namelijk 1 maal per 2 jaar.

In de TOP 10 NL zijn wegen zowel als vlakken als (hart)lijnen beschikbaar.

Ook bij de TOP 10 NL zijn per wegvak attribuutwaarden opgegeven. Deze zijn verschillen ten opzichte van OpenStreetMap en het Nationaal Wegenbestand. De belangrijkste attributen voor dit onderzoek zijn:

- “ • type infrastructuur: verbinding, kruising of overig verkeersgebied. Alleen verbindingen bestaan uit lijnen en zijn dus relevant voor het versimpelen van het netwerk.
- type weg: autosnelweg, hoofdweg, regionale weg, lokale weg, straat en een aantal specifieke types zoals landingsbaan en platform. Voor dit onderzoek zijn alleen autosnelweg, hoofdweg en regionale weg gebruikt, omdat deze waarschijnlijk het hoofdnet dekken.
- hoofdverkeersgebruik: bijvoorbeeld snelverkeer, gemengd verkeer, busverkeer, fietsers. Uit dit attribuut kan in een tweede ronde van het verbeteren van een netwerk gefilterd worden op wegen die bedoeld zijn voor algemeen (auto)verkeer. In dit onderzoek is daar geen rekening mee gehouden.

“ (Kadaster, 2014 p29-30)

Het grote verschil met het Nationaal Wegenbestand is dat bij de TOP 10 NL deze belangrijkste attributen verplicht zijn voor ieder object, voor ieder wegvak, waar dat niet het geval is voor het Nationaal Wegenbestand (Kadaster, 2014).

De Top 10 NL wordt het minst geschikt geacht, omdat deze met name gericht is op visualisatie van het landgebruik.

### **Methodes**

Afgeleid van deze beschikbare datasets en de ervaring met het werken met deze datasets zijn twee methodes vastgesteld waarmee bestaande bestanden kunnen worden versimpeld en omgezet naar een netwerk voor economische analyses. Een methode bevat alle stappen



om bestaande bestanden te versimpelen. Methode één werkt direct met de beschikbare lijnbestanden en methode twee bestaat uit het omzetten van vlakken naar lijnen. Het doel is het creëren van een netwerk dat zo veel mogelijk lijkt op het referentienetwerk. Deze methodes worden hieronder verder toegelicht.

### **Methode 1: Lijnen**

Voor deze methode is eerst een visuele analyse uitgevoerd in ArcGIS. De ligging en classificatie van de wegen is vergeleken met die in het referentienetwerk van 2001.

Wanneer de opbouw van de referentienetwerken gebruikt door Stelder aangehouden wordt, dan is een selectie op basis van weg klasse nodig. De gebruikte classificatie in de FALK kaarten komt niet exact overeen met die in het Nationaal Wegenbestand, de TOP 10 NL noch Open Street Map. Na een aantal tests is besloten om voor nu te kijken naar de officiële Nederlandse datasets, omdat deze het dichtst bij de classificatie van het referentienetwerk zitten.

Nadat er een vergelijkbare selectie is gemaakt op basis van wegtype kunnen een aantal wegdelen samengevoegd worden. In zowel de TOP 10 NL als het Nationaal Wegenbestand worden bijvoorbeeld gescheiden rijbanen als aparte lijnstukken ingevoerd. De Top 10 NL hanteert het criterium dat de scheiding langer dan 500m moet zijn. Dit levert extra lijnstukken op die niet nodig zijn voor een versimpeld netwerk.

Nadat de gescheiden rijbanen samengevoegd zijn, is het versimpelen van subonderdelen van de wegen de volgende stap.

Als dit gedaan is kan het netwerk opgebouwd worden en getest.

Deze methode ligt wellicht het meest voor de hand. Wanneer er al lijnbestanden aanwezig zijn dan scheelt dit een aantal stappen ten opzichte van methode twee.

### **Methode 2: Vlakken**

Niet altijd is er een lijnenbestand beschikbaar van het wegennetwerk, maar is er alleen een topografische kaart die uit polygonen bestaat of zelfs uit een rasterbestand. In dit geval zullen deze eerst moeten worden omgezet naar een lijnenbestand. Dit onderzoek richt zich op Nederland, dus wordt de TOP 10 NL gebruikt voor deze methode.

De TOP 10 NL dataset bevat als enige wegen als vlakken. Mits deze aan bepaalde specificaties voldoen beschreven door het Kadaster (2014):

“Een weg smaller dan 2 meter wordt aangegeven als een lijnobject samenvallend met het midden van de weg. Een weg breder dan 2 meter wordt aangegeven als een vlakobject, waarvan de contouren worden aangegeven, samenvallend met de kant van de verharding van een verharde weg c.q. de berijdbare strook van een onverharde weg.

Een berm smaller dan 6 meter zonder talud en zonder brede houtrand wordt bij het wegdeel getrokken als de berm begrensd wordt door een waterloop, bebouwd oppervlak of een andere weg. Een berm met talud wordt ongeacht de breedte als terrein met reliëf opgenomen.”

In een aantal situaties zijn rijbanen in de vlakken variant niet gescheiden, waar dat bij de lijnen uit zowel de TOP 10 NL als het Nationaal Wegenbestand wel zo is. Dit scheelt dus weer een stap in het proces van versimpeling uit methode één.

Allereerst dienen net als in methode één de wegen te worden geselecteerd op basis van de classificatie. De vlakken dienen daarna omgezet te worden in lijnen en daarna dient het versimpeling proces gevolgd worden zoals hierboven beschreven bij de eerste methode.

### **Gebruikte tools**

Alle gebruikte tools zijn standaard beschikbaar in ArcMap. Voor deze scriptie is versie 10.3.1 gebruikt. Bij iedere tool zijn verschillende parameters in te stellen. Voor zover dit niet nader beschreven is, zijn voor alle tools de standaard instellingen gebruikt of meerdere varianten getest.

Selecties op basis van attributen van datasets is een standaard methode en behoeft verder geen uitleg.

Het samenvoegen van gescheiden rijbanen kan met Merge Divided Roads in de Cartography Toolbox eenvoudig gedaan worden. Een bestaand wegennetwerk wordt ingeladen en twee parameters dienen te worden opgegeven: Een gemeenschappelijk veld op basis waarvan wegen samengevoegd worden, bijvoorbeeld het type weg en een minimale afstand op basis waarvan de wegen als gescheiden worden beschouwd (Brewer et.al., 2013; ESRI, 2015; van Altena et al., 2013).

Een alternatief is de Collapse Dual Lines to Centerline tool. Het verschil met Merge Divided Roads is dat deze tool niet geschikt is voor wegen met afslagen, ventwegen etc. (ESRI, 2015).

Het versimpelen van wegonderdelen als rotondes, afritten etc. kan op meerdere manieren gedaan worden. Veel gebruikte tools zijn Collapse Road Detail en Thin Road Network (Brewer et.al., 2013; van Altena et al., 2013).

Collapse Road Detail verwijdert binnen een bepaalde opgegeven afstand onderbrekingen in het wegennetwerk, bijv. rotondes en afslagen en maakt daarna een nieuw bestand aan met de resultaten.

Thin Road Network zou de ideale tool zijn, deze versimpelt namelijk de wegen en verwijdert zijwegen e.d. terwijl de connectiviteit en karakter van de wegen intact blijven. De tool maakt echter geen nieuw bestand aan, maar past alleen de visualisatie op bepaalde schaalniveaus aan. Voor het opbouwen van netwerken is deze tool dus helaas onbruikbaar.

Een combinatie van bovengenoemde tools zou een methode kunnen vormen voor een resultaat dat meer is dan alleen een versimpelde visuele weergave. In dit onderzoek is daar dan ook naar gestreefd.

Het omzetten van vlakken naar lijnen kan via de tool Feature to Line, deze zet de omtrek van vlakken om naar lijnen.

Een andere mogelijkheid is het creëren van centerlines. Hierbij dienen polygonen als omhulsel en wordt het midden als lijn berekend. Een kant en klaar beschikbare tool hiervoor is de ET Geo Wizards toolbox. Helaas was deze niet beschikbaar binnen de universiteit, maar gelukkig waren de ontwikkelaars zo vriendelijk om een testgebied voor deze scriptie te draaien en de resultaten op te sturen (ET-Spatial Techniques, s.d.).

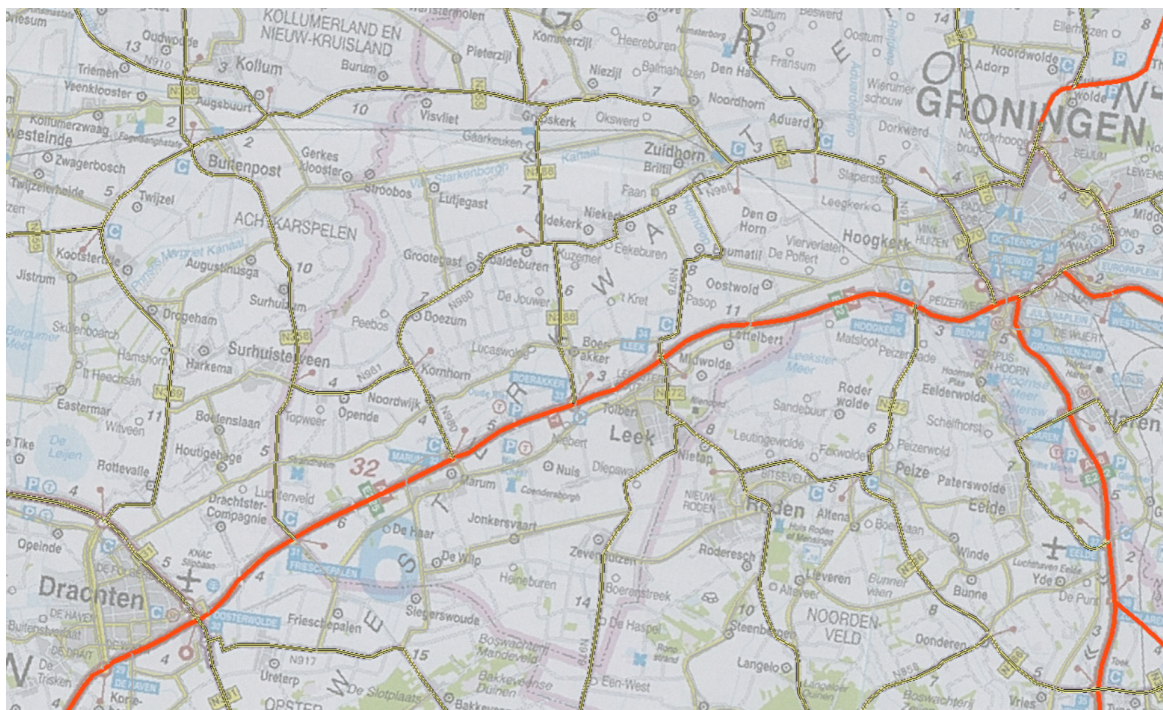
Via Arcgis Online is ook een toolbox beschikbaar die vergelijkbaar is met de ET Geo Wizards toolbox. Deze werkt met Thiessen Polygons, dit houdt in dat de polygoon wordt opgesplitst in kleinere onderdelen en elk lijnstuk dichterbij het midden van een vlak ligt dan elke andere positie (Dilts, 2015).

Op subsets van deze datasets zijn verschillende methodes en tools uitgetest. Als testgebied is de stad Groningen en de omgeving tussen Groningen, Assen en Drachten genomen, vanwege de lokale kennis van de auteur en de ruim aanwezige regionale wegen die aansluiten op snelwegen. Aangezien het met geen van de methoden gelukt is een netwerk op te bouwen dat vergelijkbaar was met het referentienetwerk is er als alternatief gekozen voor een visuele analyse van de resultaten.

## Resultaten

### Methode 1: Lijnen

Selecties: Op basis van het referentienetwerk van 2001 (figuur 1) is geprobeerd om een zo gelijk mogelijk netwerk op te bouwen met de recente datasets. Dit houdt in dat de selecties gebaseerd zijn op het referentienetwerk en de resultaten daaraan zijn getoetst.



Figuur 1 FALK kaart 2001 met daaroverheen het gedigitaliseerde referentienetwerk van Stelder.

De gemaakte selecties zijn verschillend per dataset, omdat de attributen en waarden die de wegclassificatie aangeven niet gelijk zijn.

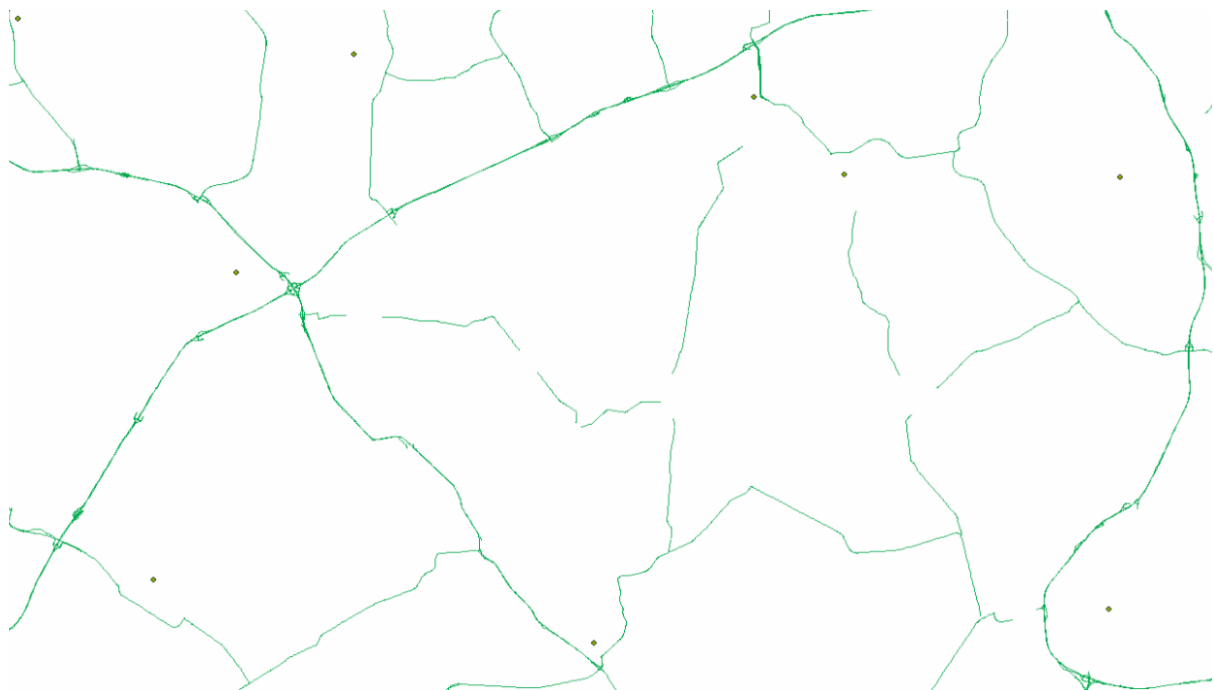
Hieronder worden de verschillende selecties per dataset verder toegelicht en de resultaten ervan besproken.

## Nationaal Wegenbestand

In het Nationaal Wegenbestand zijn zoals aangegeven meerdere attributen beschikbaar. Een voor de hand liggend attribuut om te gebruiken is de wegbeheerder. Veel wegen in het hoofdnet staan namelijk onder beheer van het Rijk of een Provincie. Wanneer alleen de wegen van deze twee beheerders worden geselecteerd levert dat een redelijk resultaat op in vergelijking met het referentienetwerk (zie figuur 2). De hoofdwegen worden voor een groot deel gefilterd, maar ook (delen van) afritten worden meegenomen in de selectie. Dit zorgt voor extra werk tijdens volgende stappen in het simplificatie proces. Deze selectie levert echter fouten op bij regionale wegen in de dorpen, er vallen namelijk gaten in het netwerk.

Als tweede optie is er het attribuut wegtype. Deze selectie levert eenzelfde beeld op als bovenstaande selectie (zie figuur 2). Dit heeft ermee te maken dat gemeentelijke wegen nauwelijks dit attribuut hebben meegekregen en dat resulteert in een selectie met alleen Rijks- en Provinciewegen.

Verschillende combinaties van deze twee selecties leverden niet het gewenste resultaat. Door middel van snapping is geprobeerd de gaten op te vullen. Bij dit proces worden



Figuur 2 Nationaal Wegenbestand met de selectie op basis van wegbeheerders Provincie en Rijk.

wegen gekoppeld binnen een bepaalde afstand. Een aantal afstanden zijn uitgetest, van 50 tot 500m. Bij alle afstanden werden meerdere wegen werden alsnog niet gekoppeld en andere wegen werden aan willekeurige andere wegen gekoppeld. Deze selecties leveren op

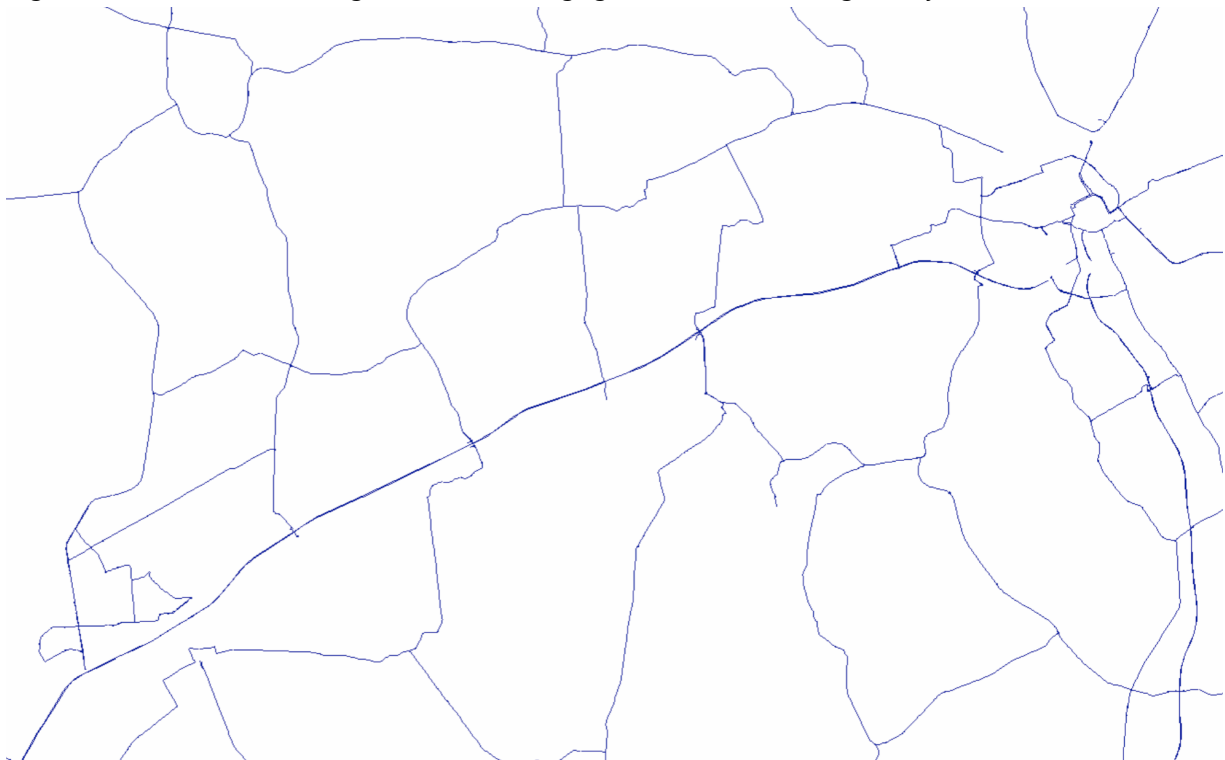


Figuur 3 Nationaal Wegenbestand (Blauw) met de selectie op basis van Hoofdrijbaan en het FALK netwerk van Stelder (Grijs).

deze dataset dus niet het gewenste vergelijkbare netwerk op als het referentienetwerk (zie figuur 3).

### OpenStreetMap

In OpenStreetMap worden wegen geclassificeerd met het attribuut highway. De volgende wegen zijn geselecteerd: motorway, primary en secondary. Het resultaat van de selectie is vergelijkbaar met die van het Nationaal Wegenbestand. Rondom de dorpen ontstaan veel gaten, maar ook veel wegen worden aangegeven als hoofdweg terwijl die in de andere



Figuur 4 OpenStreetMap met de selectie op basis van motorway, trunk, primary en secondary.

netwerken niet zo aangegeven worden. Een goed voorbeeld hiervan is Drachten, in de linker onderhoek van figuur 4, daar is in deze selectie de snelweg naar Leeuwarden niet zichtbaar. Een verklaring hiervoor kan zijn dat wegen dubbele classificaties krijgen en daardoor niet goed geselecteerd worden. Vanwege de gaten in het netwerk en missende wegen levert ook deze dataset geen gewenst vergelijkbaar netwerk op als het referentienetwerk.



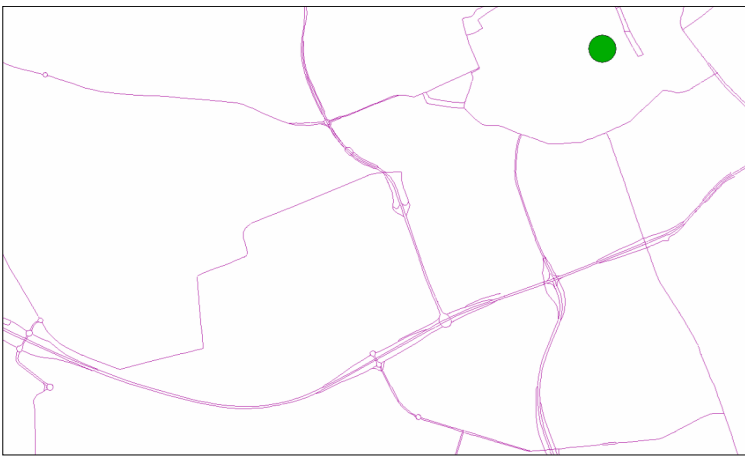
Figuur 5 TOP 10 NL met de selectie op basis van autosnelwegen (Paars), hoofdweg (Rood) en regionale weg (Oranje) samen met het referentienetwerk (Grijs).

## TOP 10 NL

De TOP 10 NL bevat wegtypes. Voor deze selectie zijn Autosnelweg, Hoofdweg en Regionale weg gebruikt. Deze selectie levert een netwerk vergelijkbaar met het referentienetwerk op. Zie hieronder een voorbeeld van Groningen (figuur 5). Hier is zelfs te zien dat de TOP 10 NL op een aantal plekken al simpeler is dan het referentienetwerk.

Nu duidelijk is dat de TOP 10 NL met een standaard selectie het best overeenkomt met het referentienetwerk is dit ook de dataset die gebruikt is bij de rest van de stappen in het proces.

Zoals beschreven in de documentatie wordt een minimale onderbreking van 500m als criterium genomen voor het scheiden van rijbanen. Veel wegen in het hoofdnet hebben een dergelijke scheiding, bijv. een berm en een vangrail. In een netwerk analyse levert dit extra rekentijd op, dus is het van belang deze lijnen samen te voegen.



Figuur 6 TOP 10 NL met de selectie op basis van autosnelwegen, hoofdweg en regionale wegen



Figuur 7 Resultaten Merge Divided Roads.

Het samenvoegen met de standaard tool Merge Divided roads levert wisselende resultaten op. Voor wegen zonder afslagen, zijwegen en grote kruisingen zijn de resultaten goed en blijft er één lijn over. Bij Afritten, knooppunten en rotondes blijven vaak de aparte rijbanen bestaan (zie figuur 6 en 7). In de eerste figuur is de situatie voor het runnen van de tool, de tweede figuur bevat de resultaten.

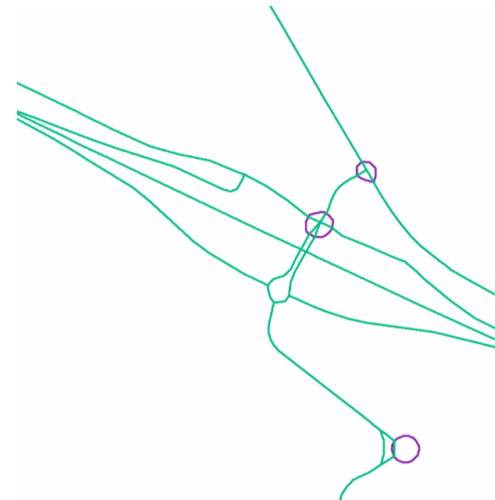
De volgende stap is het verminderen van detail in het netwerk, het verwijderen van afslagen en rotondes bijvoorbeeld. De Collapse Road Detail tool is hiervoor gebruikt. Zie figuur 8 voor de resultaten, in groen is het resultaat is van de tool afgebeeld en het originele netwerk in het paars. Ook hier is het resultaat wisselend: een aantal rotondes is wel versimpeld, maar de afslagen zijn niet samengevoegd. Deze situatie, de afslag Hoogkerk bij Groningen, is een typerende illustratie van de resultaten.

Deze laatste stap in deze methode leidt tot een simpeler netwerk dan het origineel, maar is nog ver verwijderd van de simpliciteit van het referentienetwerk.

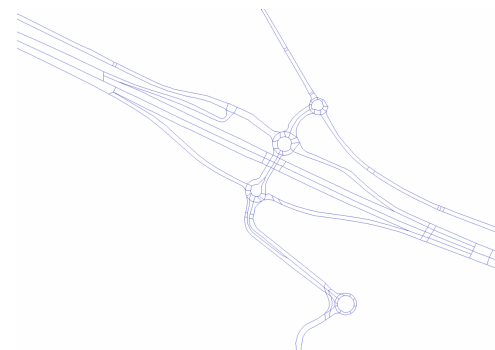
## Methode 2: Vlakken

Voor deze methode is uitsluitend gebruik gemaakt van de TOP 10 NL, omdat deze als enige Nederlandse dataset wegen als vlakken bevat.

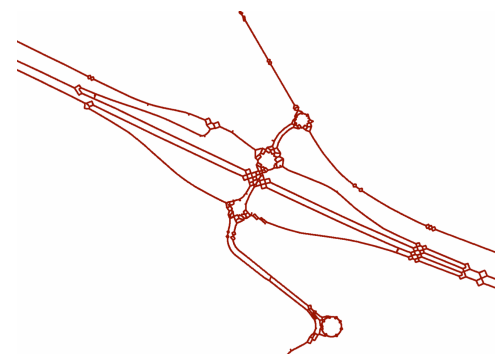
De eerste tool is Feature to Line. Het resultaat bevat alle wegvakken nu als lijnen, dat wil zeggen de omlijning van het vlak is omgezet naar lijnen. Ook de kopse kanten van de vlakken (zie figuur 9). Deze uitkomst levert dus weer een extra stap op in het simplificatie proces en is daarom niet verder meegenomen in deze methode.



Figuur 8 Resultaten Collapse Road Detail (Groen) en origineel (Paars).

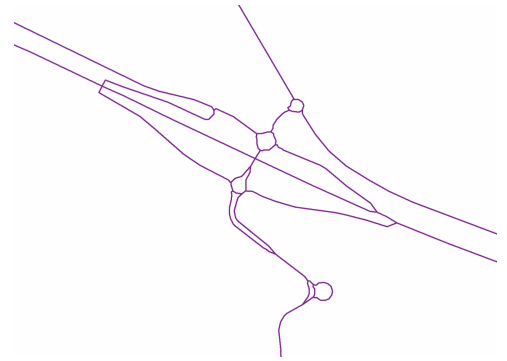


Figuur 9 Resultaten Feature to Line.



Figuur 10 Resultaten Centerline Tool (Dilts, 2015).

De tweede optie is de Polygon to Centerline toolbox (Dilts, 2015). De uitkomsten van deze tool bevatten veel wegvakken, alle wegvakken zijn namelijk omgezet naar een centerline. Aangezien de rotondes en afslagen als aparte vlakken zijn ingetekend, worden daar veel lijnen getekend (zie figuur 10). Als tweede onderdeel van deze toolbox worden de kortere lijnen getrimd, waardoor er veel gaten ontstaan in het netwerk. Ook deze tool levert of extra werk op in het proces of bevat gaten en wordt daarom niet verder meegenomen in deze methode.



Figuur 11 Resultaten ET-Geo Wizards Tool.

Als derde optie is er de Tool van ET-Geo Wizards. De output van deze tool is een aaneengesloten netwerk zonder dubbele rijbanen (zie figuur 11). Het nadeel ook hier is dat de rotondes en afritten nog niet versimpeld zijn. Wanneer de Collapse Road Detail tool op deze dataset wordt gedraaid, vermindert het detail nauwelijks. Het resultaat lijkt veel op de TOP 10 NL lijnen na het runnen van de Collapse Road Detail op deze dataset (zie figuur 8).

## Conclusies en Discussie

De hoofdvraag: Welke methodes zijn geschikt om van een gedetailleerd digitaal wegennetwerk te komen tot een versimpeld netwerk voor economische (netwerk)analyses? kan in één zin beantwoord worden. Geen van de in dit onderzoek gehandhaafde methodes op basis van standaard tools is geschikt.

Wanneer we kijken naar de gebruikte criteria kunnen we de tweede vraag: Aan welke criteria moet een netwerk voor economische analyses voldoen? ook beantwoorden. Een versimpeld netwerk moet de hoofdverbindingen tussen kernen bevatten en daarbij zo min mogelijk extra wegstukken bevatten.

De laatste vraag is wellicht de meest interessante om antwoord op te geven: Welke (Nederlandse)datasets zijn hiervoor geschikt?

Vooraf was de inschatting van de auteur en zijn collega's dat het Nationaal Wegenbestand het meest geschikt zou moeten zijn, aangezien dit het officiële wegenbestand is van Rijkswaterstaat. Daarbij komt dat het bestand ook als doel heeft geschikt te zijn voor analyses. Uit de resultaten komt naar voren dat met name de selectie een probleem is bij deze dataset. Een logische verklaring voor de gaten rondom de dorpen kan zijn dat deze wegen onder beheer van gemeenten vallen. Deze hebben veelal hun eigen beheerssystemen en vullen waarschijnlijk niet alle attributen in. Wanneer hiervoor een oplossing is gevonden, heeft de dataset wel veel potentie. Afritten en zijwegen hebben een aparte categorie, wat de simplificatie rondom snelwegen vergemakkelijkt.

Voor Open Street Map is met name het selectieproces ongeschikt. Verschillende categoriseringen worden gebruikt voor dezelfde wegen, waarvoor selecties niet overeenkomen met andere netwerken. Wanneer hier een consistente selectiemethode voor is ontwikkeld, kan de versimpeling beperkt worden tot het samenvoegen van gescheiden rijbanen en het versimpelen van rotondes. Afritten en zijwegen staan namelijk meestal apart benoemd in deze dataset.



De TOP 10 NL, de vooraf minst bruikbaar geachte dataset, leverde verrassende resultaten op bij beide methodes. De selectie komt veruit het beste overeen met het referentienetwerk en via beide methodes is het resultaat beter dan de originele onbewerkte datasets. Nog niet zo versimpeld dat het vergelijkbaar is met het referentienetwerk, maar grote stappen zijn gezet.

De wisselende resultaten van dit onderzoek kunnen voor een deel verklaard worden aan de hand van de datasets en gebruikte tools. De TOP 10 NL is met name bedoeld voor cartografische representaties op een bepaald schaalniveau, namelijk 1:10.000. De dataset is ook bedoeld om in combinatie met andere onderdelen van de TOP 10 NL samen een dekkende visualisatie te vormen. Dit kan verklaren waarom veel wegstukken zijn opgedeeld in aparte lijnen of vlakken. De styling van de wegen wordt beter en het zorgt voor de aansluiting bij de rest van het landgebruik. Voor het analyseren en simplificeren van het netwerk voor niet-visualisatie doelen zijn een aantal extra stappen nodig. Waarschijnlijk is het samenvoegen van wegstukken van dezelfde weg al een eerste stap, bijvoorbeeld met de dissolve tool op basis van wegnummer. Dit zal ook het proces van merge divided roads en collapse road detail verbeteren of het omzetten van polygonen naar centerlines wanneer methode 2 wordt gevolgd.

Voor Open Street Map geldt dat de categorisering anders is, wat kan verklaren dat de selecties niet ten goede komt. Op een grotere schaal kan Open Street Map zeker interessant zijn, omdat hetzelfde schema gebruikt wordt op de wereldwijde dataset en daar afspraken over gemaakt zijn. Wanneer de methode werkt op de dataset, zou deze dus wereldwijd kunnen worden toegepast.

Het Nationaal Wegenbestand als laatste is toch met name een bestand dat voor beheer van wegen gebruikt wordt, verschillende gebruikers hebben verschillende behoeftes. In dit geval een gedetailleerde dataset met de correcte ligging en aansluiting van wegen. Wanneer de attributen worden verbeterd en ook hier verschillende selecties worden uitgevoerd kan er een interessantere dataset uit volgen. Deze verbetering zal waarschijnlijk niet komen vanuit de wegbeheerders, maar zou typisch iets kunnen zijn voor de wetenschap. Het aanpassen van de attributen is voor Nederland slechts een aantal dagen werk, maar is voor veel partijen waardevol.

Naast de datasets hebben ook de gebruikte tools een bepaald doel, wat de resultaten kan beïnvloeden. De meeste tools zijn gericht op cartografische representatie, zoals genoemd zijn een aantal tools niet uitgetest of niet eens opgenomen in de methodologie, gewoonweg omdat deze geen nieuwe dataset als output leveren, maar slechts de visualisatie aanpassen.

Met name de Thin Road Network tool doet precies wat nuttig zou zijn voor het doel van dit onderzoek. Een nieuw netwerk levert het echter niet op. Een andere tool die niet gebruikt is is de Trim Roads tool, deze verwijdert lijnstukken van een bepaalde lengte. De reden dat deze tool niet gebruikt is, is dat de gekozen afstand een zeer grote invloed heeft op de resultaten en dit extra werk oplevert wanneer wegen niet meer op elkaar aansluiten.

Een combinatie van de onderliggende python scripts van de Thin Road Network tool en de Trim Roads tool zouden een nieuwe tool kunnen creëren die beide functionaliteit combineert en dus een nieuw netwerk als output heeft.

Ook de Collapse Road Detail kan profijt hebben van het samenvoegen van wegen zoals genoemd bij de TOP 10 NL, waarschijnlijk zal hier de kwaliteit van de resultaten voor alle datasets verbeteren.

Netwerkanalyses in het algemeen zijn vaak gericht op het oplossen van lokale of regionale vraagstukken, zoals het berekenen van bereikbaarheid van voorzieningen, het optimaliseren van routes voor bezorging en navigatie. Al deze toepassingen vereisen gedetailleerde informatie over een klein gebied, zoals adressen en kleine straten om tot de bestemming te komen. De datasets en tooling rondom netwerkanalyses is dan ook hierop gericht en minder op analyses op een hoger schaalniveau.

Al deze verbeteringen zijn nog gericht op het zo veel mogelijk geautomatiseerd uitvoeren van het simplificatie proces. Wat hier nog niet in is meegenomen is het handmatig aanpassen van de datasets om ze (beter)geschikt te maken voor simplificatie. Een optie zou zijn om de resultaten van Collapse Road detail handmatig langs te lopen en te versimpelen. In dit onderzoek is deze methode niet gebruikt, omdat het niet in staat voor een consistente en reproduceerbare methode, mits deze uitgebreid gedocumenteerd is. Los daarvan is het handmatig aanpassen van een netwerk arbeidsintensief en zou dus ieder jaar opnieuw moeten gebeuren wanneer er een nieuw netwerk is.

Scripting en database analyses zijn zoals genoemd niet direct meegenomen in dit onderzoek, net als andere desktop software, maar bieden ontzettend veel potentie voor dit probleem. Een zo ver mogelijk geautomatiseerde methode voor het versimpelen van wegennetwerken zal alleen kunnen ontstaan met specifiek gemaakte tools hiervoor. Deze zou bestaande tools kunnen combineren om tot het resultaat te komen. Zeker hier zijn ook de keuzes die gemaakt worden over afstanden en categorieën van cruciaal belang en zullen dus uitgebreid moeten worden getest.

## Nawoord

Voor ik begon aan deze scriptie dacht ik deze analyses in een paar dagen te kunnen uitvoeren, dat bleek toch tegen te vallen. Ondanks ruime ervaring met de verschillende datasets, op de TOP 10 NL na, kwam ik toch voor verrassingen te staan in deze context. Een goede les van dit onderzoek is het beargumenteren en documenteren van gemaakte keuzes, iets dat in veel GIS analyses en onderzoeken veel te weinig gedaan wordt. Dit is dan ook zeker iets wat ik in latere onderzoeken en in mijn dagelijks werk ga meenemen en al heb toegepast.

Mijn dank gaat uit naar mijn begeleider Peter Groote voor zijn advies en heldere feedback, Dirk Stelder voor de inspiratie voor dit onderzoeksthema en de datasets ter vergelijking, mijn groepsgenoten, met Allard Roest in het bijzonder en natuurlijk mijn collega's bij de Geodienst van de RUG mijn oud-collega's van Geon, met in het bijzonder Paul Haan, Mark Verlaat en Ronnie Lassche, voor hun gevraagd en ongevraagd technisch advies over zowel de te gebruiken data als tools.

## Referenties

Brewer, C.A., Post, M., Guidero, E.R., Stanislawski, L.V., Battenfield, B.P. and Raposo, P. (2013). Labeling Through Scale Using Hierarchies of Thinned Road Networks for Design of The National Map of the United States. *The 26th International Cartographic Conference*. Geraadpleegd op 5 april 2016 via: [http://icaci.org/files/documents/ICC\\_proceedings/ICC2013/\\_extendedAbstract/327\\_proceeding.pdf](http://icaci.org/files/documents/ICC_proceedings/ICC2013/_extendedAbstract/327_proceeding.pdf).

Brovelli, M., Minghini, M., Molinari, M. and Mooney, P. (2015). A FOSS4G-based procedure to compare OpenStreetMap and authoritative road network datasets. *Geomatics Workbooks*, 12, (pp. 235-238), Geraadpleegd op 14 feb 2016 via: [http://geomatica.com.polimi.it/workbooks/n12/FOSS4G-eu15\\_submission\\_70.pdf](http://geomatica.com.polimi.it/workbooks/n12/FOSS4G-eu15_submission_70.pdf)

Edwardes, A. and Mackaness, W. (2000). INTELLIGENT GENERALISATION OF URBAN ROAD NETWORKS, *GIS Research UK 2000 Conference*, (pp.81-85), Geraadpleegd op 29 feb 2016 via: <http://www.geos.ed.ac.uk/homes/wam/EdwardesMack2000b.pdf>

Dilts, T.E. (2015), *Polygon to Centerline Tool for ArcGIS*. Geraadpleegd op 2 mei 2016 via: <http://www.arcgis.com/home/item.html?id=bc642731870740aabf48134f90aa6165>.

ET-Spatial Techniques (s.d.). *Create Centerlines*, Geraadpleegd op 1 mei 2016 via: [http://www.ian-ko.com/ET\\_GeoWizards/UserGuide/createCenterlines.htm](http://www.ian-ko.com/ET_GeoWizards/UserGuide/createCenterlines.htm)

ESRI, (2015a). *Help | ArcGIS for Desktop*. Geraadpleegd op 30 maart 2016 via: <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/>

Gis.stackexchange.com, (2011). *How to simplify a routable network?*, Geraadpleegd op 29 feb 2016 via: <http://gis.stackexchange.com/questions/12370/how-to-simplify-a-routable-network>.

Kadaster, (2014). *Basisregistratie Topografie: Catalogus en Productspecificaties. 2e ed.* Geraadpleegd op 20 jan 2016 via: <https://www.kadaster.nl/web/artikel/producten/TOP10NL.htm>

Kadaster, (2015). *TOP 10 NL* Geraadpleegd op 26 aug 2015 via: <https://www.pdok.nl/nl/producten/pdok-downloads/basis-registratie-topografie/topnl/topnl-actueel/top10nl>

LePlatre, M. (2016). *Use PostGIS topologies to clean-up road networks*, Geraadpleegd op 29 feb 2016 via: <http://blog.mathieu-leplatre.info/use-postgis-topologies-to-clean-up-road-networks.html>.

OSM Wiki, (2015). NL:Kaarteigenschappen, *OpenStreetMap Wiki*, v Geraadpleegd op 20 maart 2016 via: <http://wiki.openstreetmap.org/w/index.php?title=NL:Kaarteigenschappen&oldid=1196766>

Rijkswaterstaat, (2013). *Nationaal Wegen Bestand Wegen*. Geraadpleegd op 20 maart 2016 via: <https://data.overheid.nl/data/dataset/nationaal-wegen-bestand-wegen-wegvakken>

Rijkswaterstaat, (2015). *Nationaal Wegen Bestand*, Geraadpleegd op 1 september 2015 via: <http://www.nationaalgeoregister.nl/geonetwork/srv/dut/search?#|2e5f0f60-0f2f-4e17-96af-c913fe305ecb>

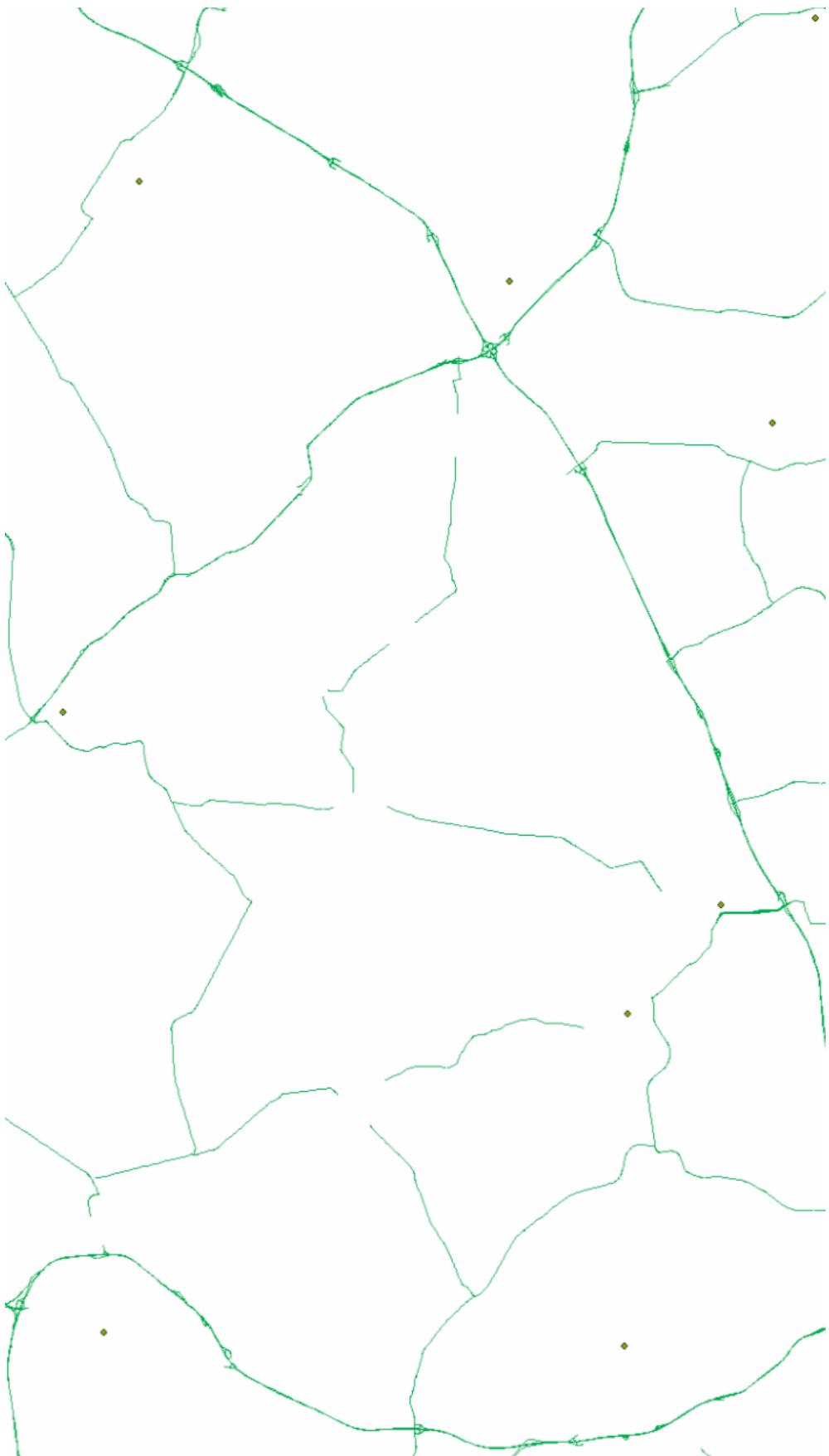
Samsonov, T. and Krivosheina, A. (2012). Joint generalization of city points and road network for small-scale mapping, *7th International Conference on Geographic Information Science*, Geraadpleegd op 1 maart 2016 via: [https://www.researchgate.net/publication/264829198\\_Joint\\_generalization\\_of\\_city\\_points\\_and\\_road\\_network\\_for\\_small-scale\\_mapping](https://www.researchgate.net/publication/264829198_Joint_generalization_of_city_points_and_road_network_for_small-scale_mapping)

Stelder, D. (2014). Regional Accessibility Trends in Europe: Road Infrastructure, 1957–2012. *Regional Studies*, pp.1-13.

van Altena, V., Post, M., Nijhuis, R. and Stoter, J. (2013). Generalisation of 1:50k roads centrelines from 1:10k road polygons in an automated workflow, *16th ICA Workshop on Generalisation and Map Production*, Geraadpleegd op 1 maart 2016 via [http://generalisation.icaci.org/images/files/workshop/workshop2013/genemappro2013\\_submission\\_18.pdf](http://generalisation.icaci.org/images/files/workshop/workshop2013/genemappro2013_submission_18.pdf)

van der Weijden, G. (2015). *LEF: Rijkswaterstaat meets Openstreetmap*, Geraadpleegd op 15 mei 2016 via: <http://www.gisnederland.nl/2015/09/lef-rijkswaterstat-meets-openstreetmap.html>

Webwereld, (2015), *Experimenteren in de data-schatkamer van Rijkswaterstaat*, Geraadpleegd op 14 mei 2016 via: <http://webwereld.nl/big-data/89760-experimenteren-in-de-data-schatkamer-van-rijkswaterstaat>

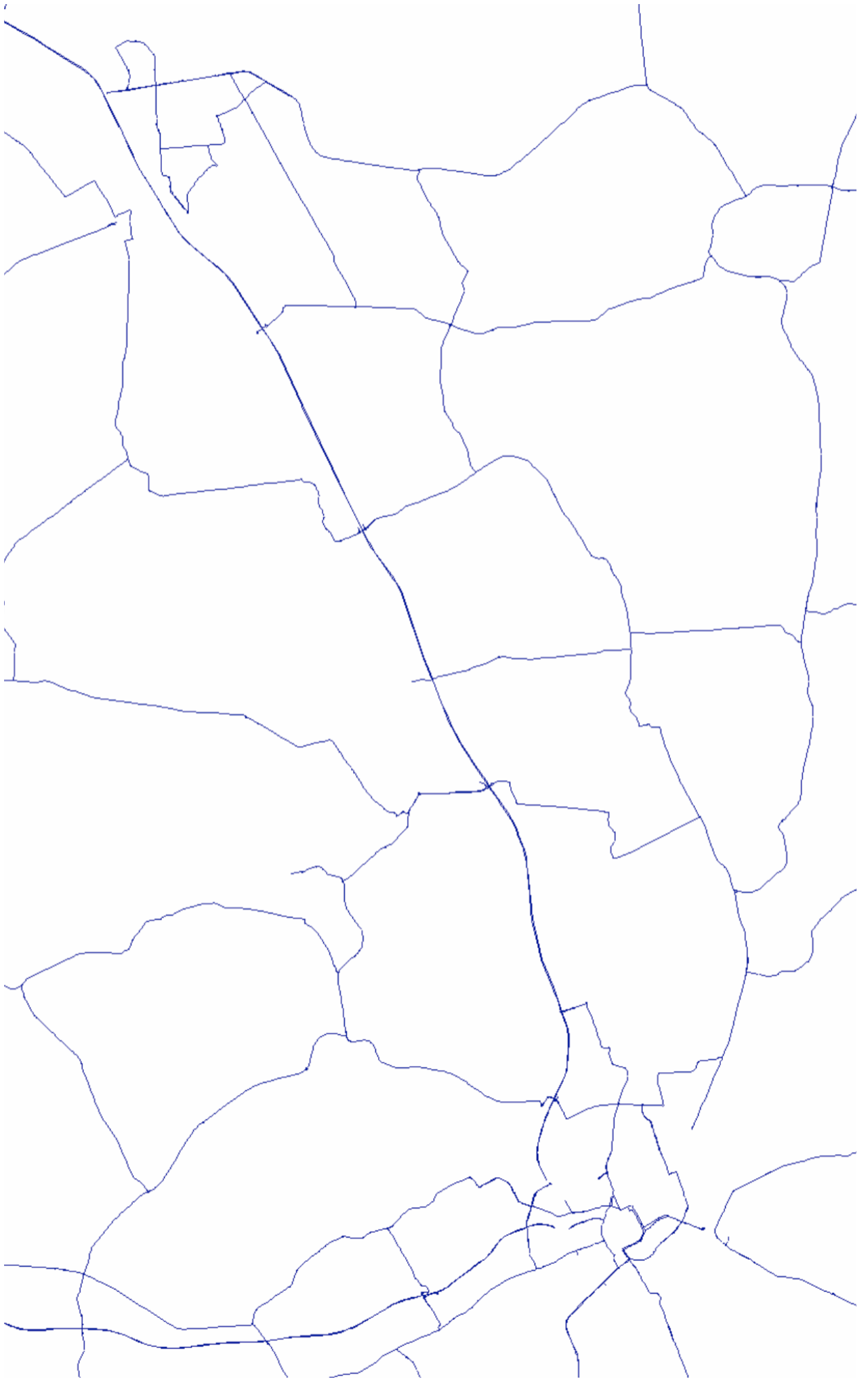


Figuur 2 Nationaal Wegenbestand met de selectie op basis van wegbeheerders Provincie en Rijk.

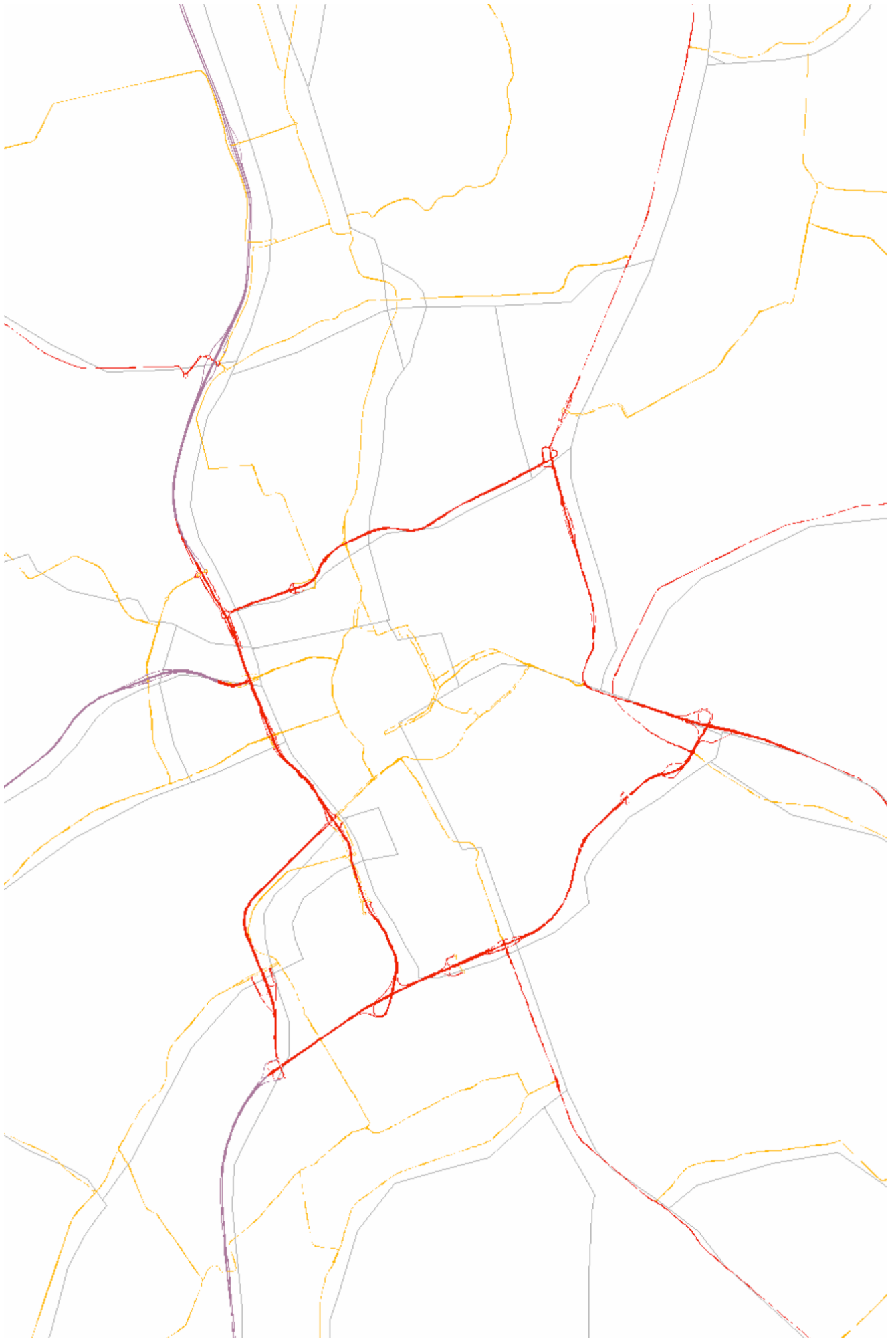


Figuur 3 Nationaal Wegerbestand (Blauw) met de selectie op basis van Hoofdrijbaan en het FALK netwerk van Stelder (Grijs).

Figuur 4 OpenStreetMap met de selectie op basis van motorway,trunk,primary en secondary.

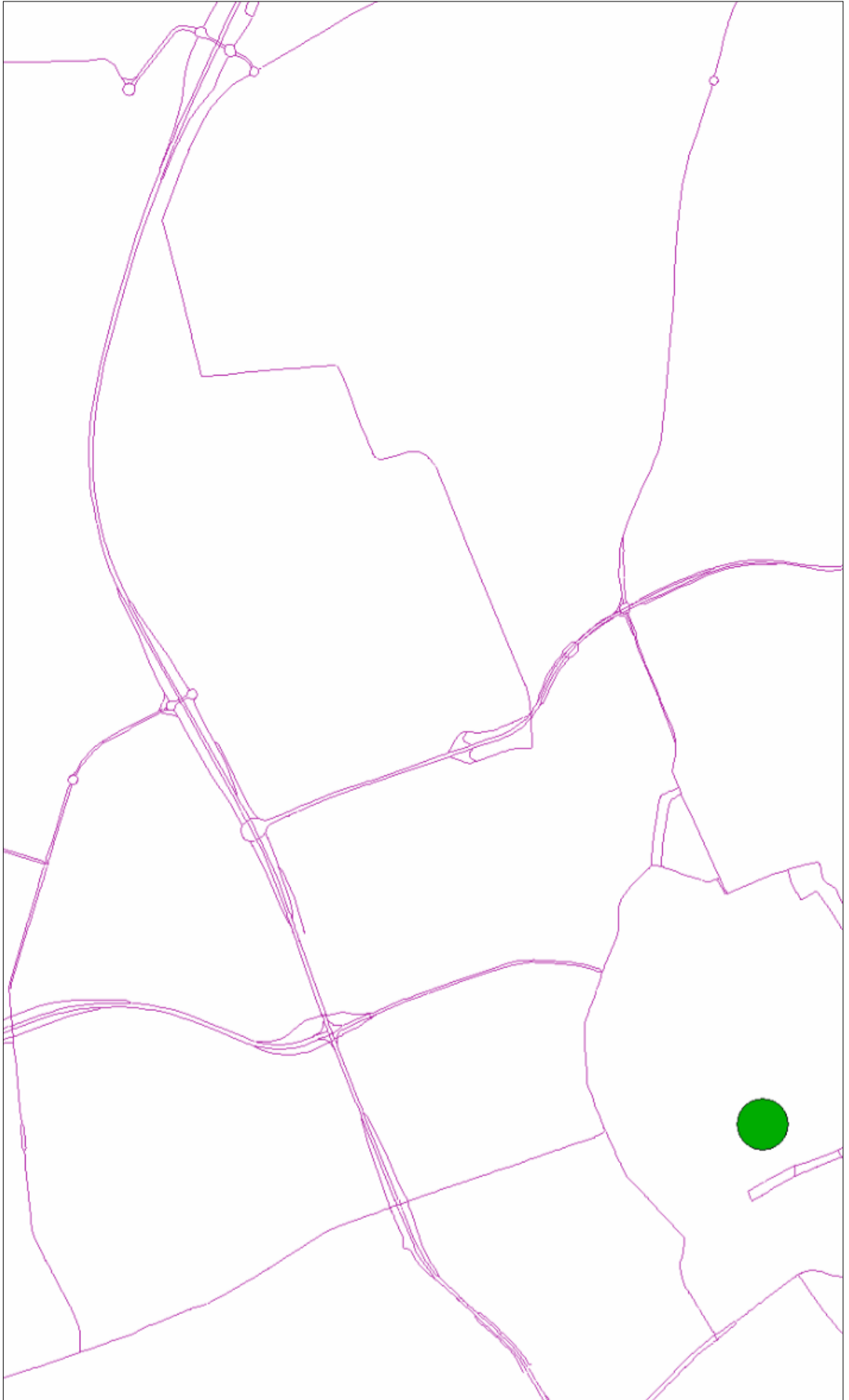


Figuur 5 TOP 10 NL met de selectie op basis van autosnelwegen (Paars), hoofdweg (Rood) en regionale weg (Oranje) samen met het referentienetwerk (Grijs).





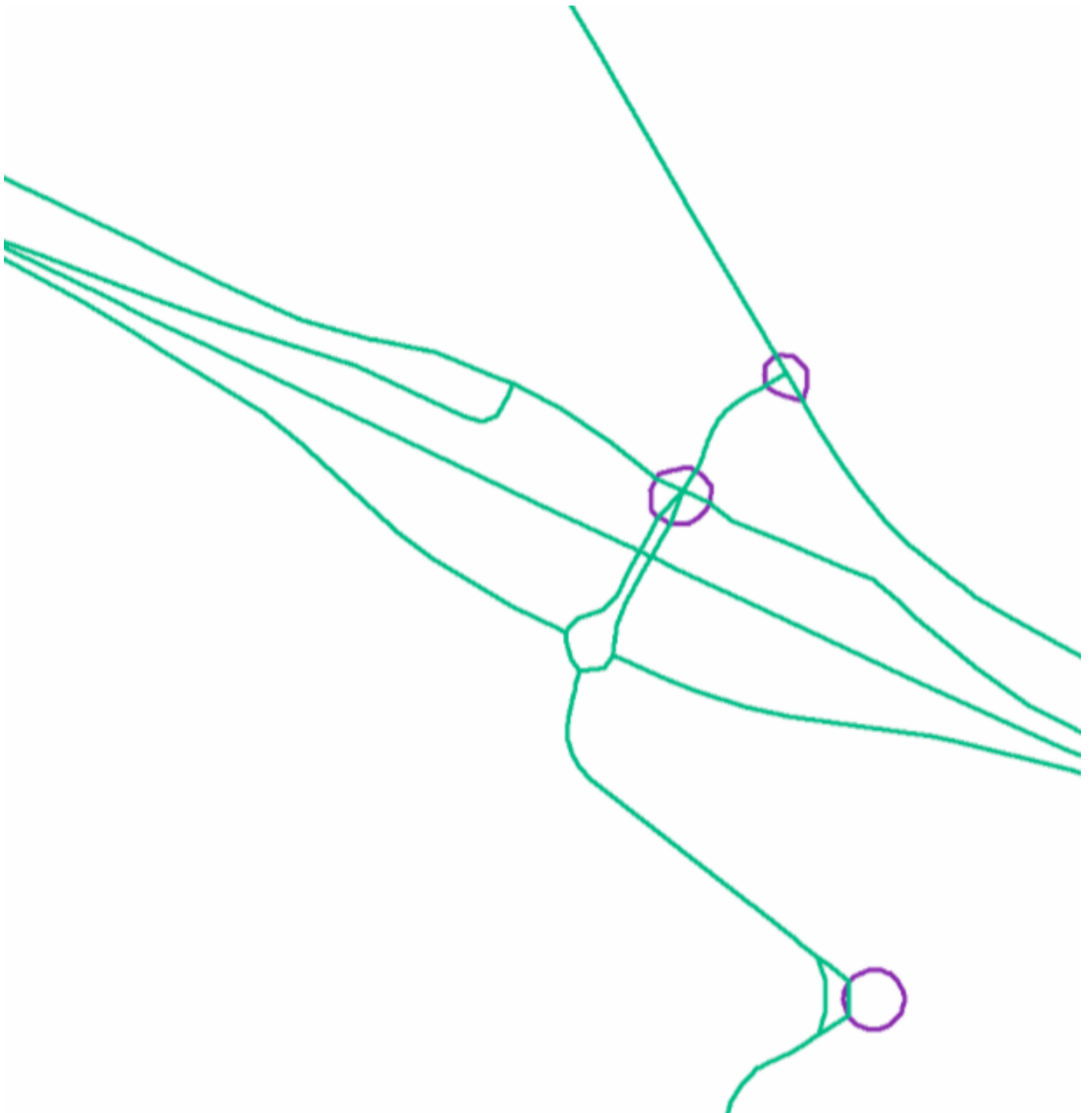
Figuur 6 TOP 10 NL met de selectie op basis van autosnelwegen, hoofdweg en regionale wegen



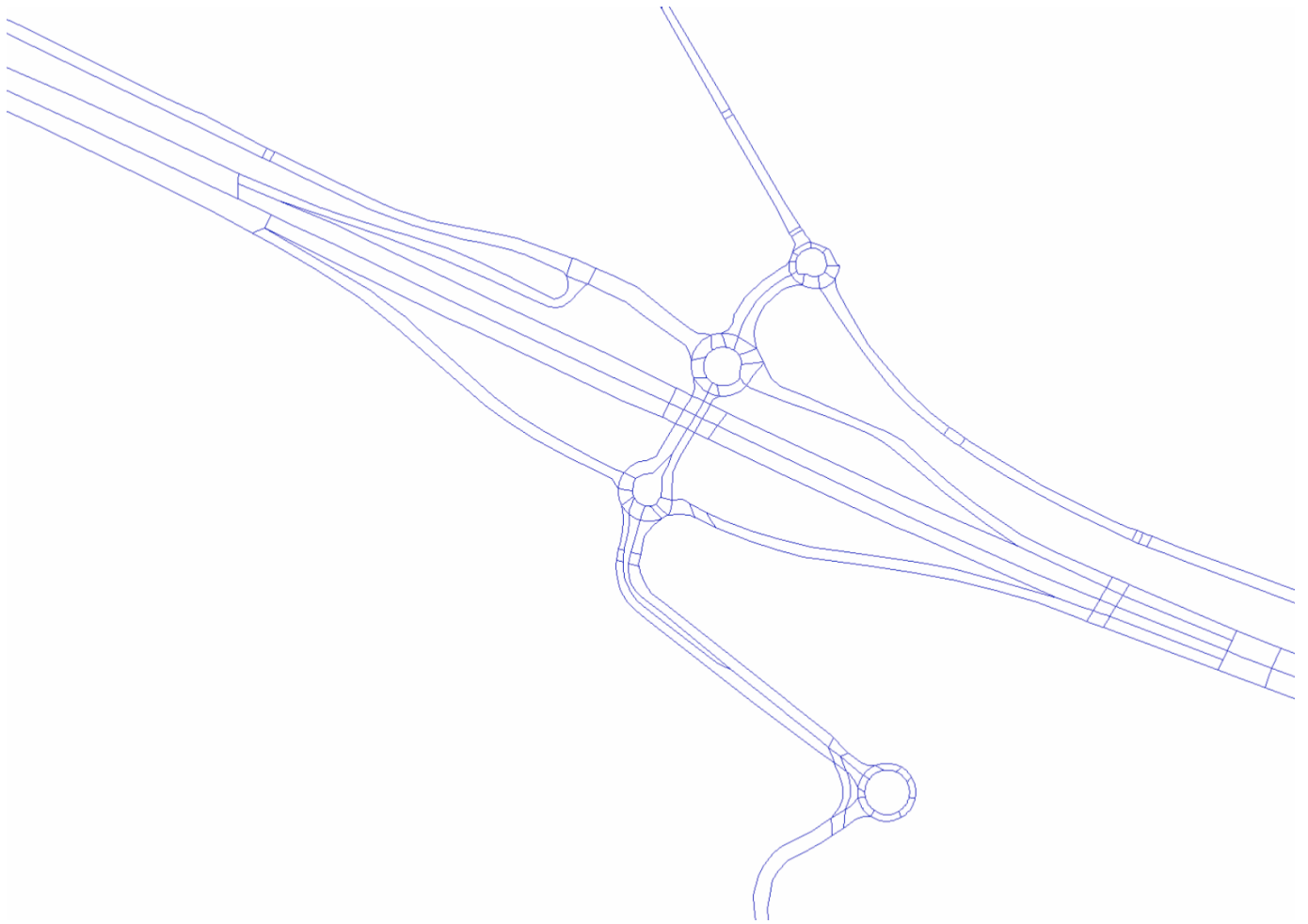


Figur 7 Resultaten Merge Divided Roads.

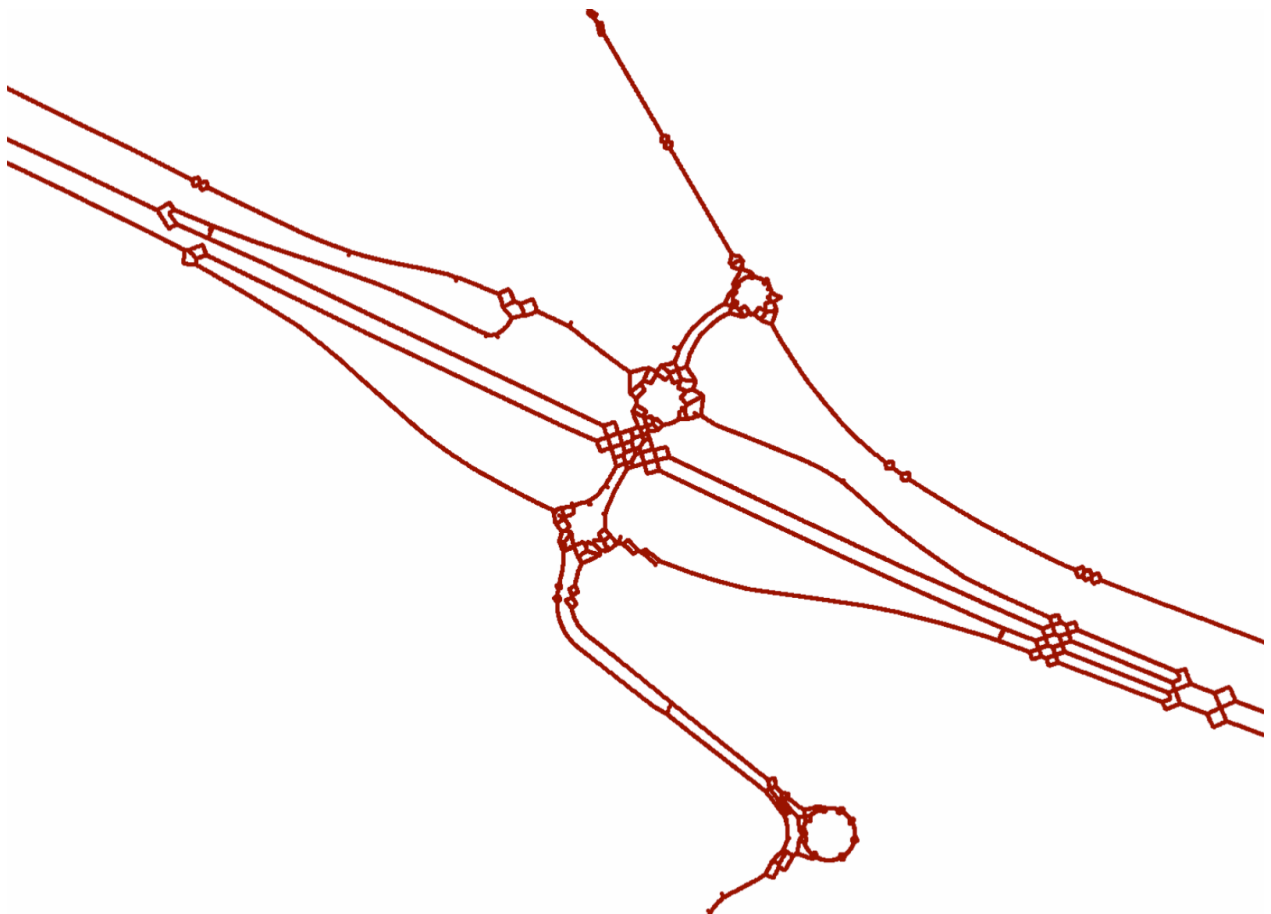
## Bijlagen



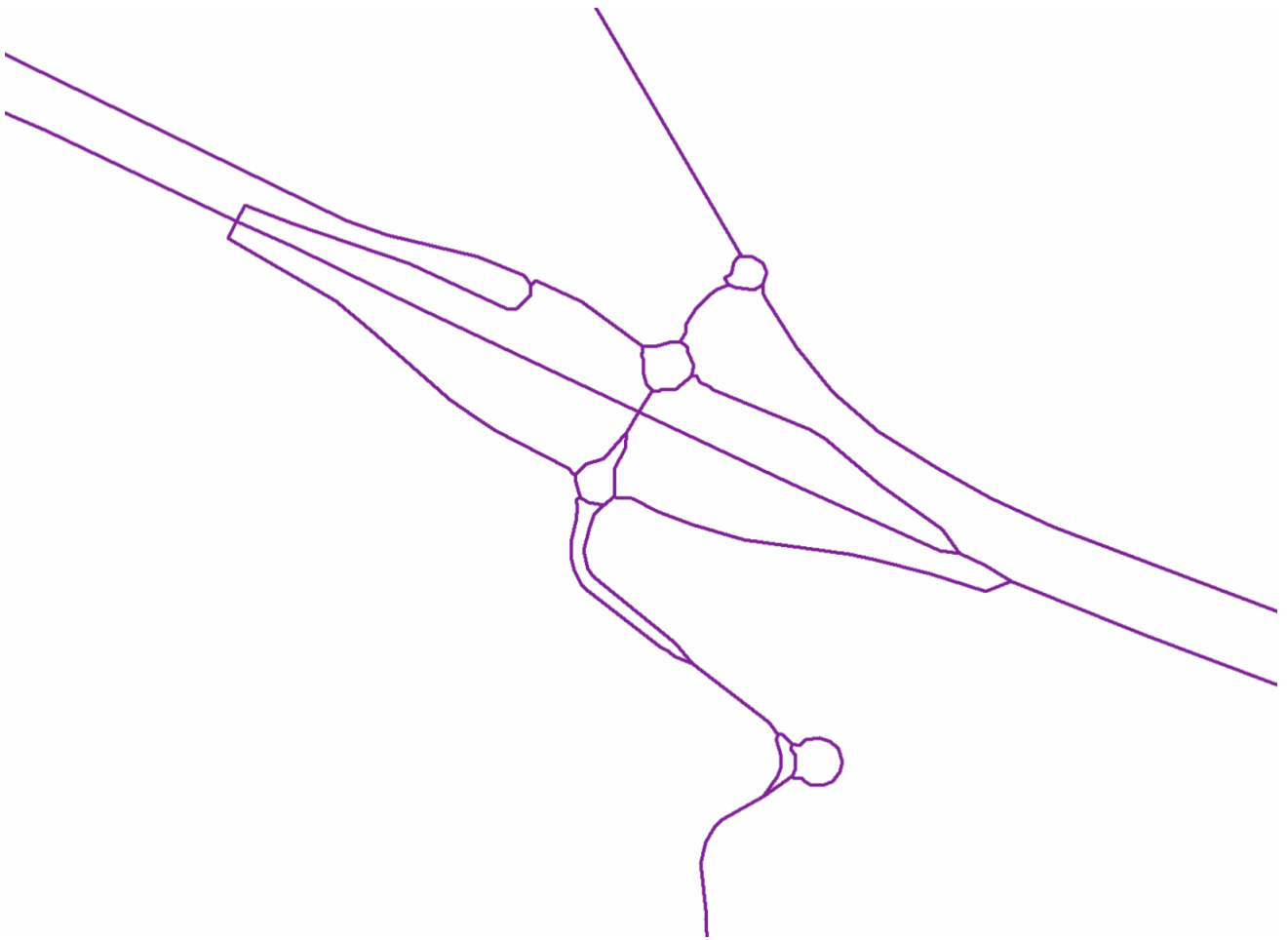
Figuur 8 Resultaten Collapse Road Detail (Groen) en origineel (Paars).



Figuur 9 Resultaten Feature to Line.



Figuur 10 Resultaten Centerline Tool (Dilts, 2015).



Figuur 11 Resultaten ET-Geo Wizards Tool.

