

TABULA RASA: EEN NIEUW WEGENNET VOOR BELGIË

Hans VERBRAKEN, Thomas VERBRAKEN, Prof. Ben IMMERS

KULeuven

Samenvatting

Dit werk levert een praktische toepassing van het ontwerp van ideale netwerken. Het huidige Belgische wegennet wordt vergeleken met een ideaal ontworpen netwerk en hieruit worden tekortkomingen afgeleid.

Op twee verschillende manieren wordt een ideaal netwerk ontwikkeld: met de ARNO methodiek en met het optimalisatiealgoritme ROADnet. Beide methodes zijn fundamenteel verschillend, maar de resultaten tonen toch duidelijke gelijkenissen. De vergelijking van beide methodes levert een aantal aanbevelingen op voor de structuur van het Belgische wegennet.

Résumé

Ce travail fournit une application pratique de la conception d'un réseau idéal. Le réseau routier actuel en Belgique est comparé à un réseau idéal, permettant de trouver les lacunes du premier.

Deux méthodes différentes sont utilisées pour la conception: la méthodologie ARNO et l'algorithme d'optimisation ROADnet. Les deux méthodes sont fondamentalement différentes, mais il y a un certain accord entre les résultats. La comparaison permet de trouver les recommandations pour le réseau Belge.

1. Inleiding

Omwille van het enorme belang en de problematiek die er rond ontstaat, is de aandacht voor mobiliteit de laatste tijd aan het stijgen. Ook voor België, dat op een kruispunt ligt in Europa, is mobiliteit van het grootste belang. Toch moet worden vastgesteld dat het autowegennet bij de minste problemen dichtslibt, ondanks het feit dat het een van de meest uitgebreide ter wereld is.

Deze paper bundelt de resultaten die werden bereikt in het kader van een eindwerk [1] dat onderzocht waar het huidige netwerk de grootste gebreken vertoont en waar bijgevolg de beste aanpassingen kunnen worden gemaakt. Het is niet raadzaam om op kleine schaal *bottlenecks* te lokaliseren en weg te werken; het probleem duikt vroeg of laat ergens anders op. Het netwerk moet daarentegen in zijn geheel worden onderzocht. De manier waarop dit werk het wegennet onderzoekt is door het te vergelijken met het netwerk dat in de ideale situatie in België tot stand zou komen. Daarbij wordt abstractie gemaakt van de huidige structuur van het wegennet. De volgende onderzoeksvraag wordt gesteld: "Hoe ziet het ideale wegennet in België eruit, gegeven het huidige activiteitenpatroon en zonder enige voorkennis van het huidige netwerk?". Doordat het ideale netwerk niet is beïnvloed door het bestaande en het speciaal is gemaakt voor de gegeven situatie, is het een instrument om te controleren waar het bestaande netwerk tekort schiet. Dit onderzoek ontwikkelt twee ideale netwerken en gaat hierbij te werk op twee verschillende manieren. In sectie 2 wordt de ARNO methode gebruikt, waarin een stappenplan wordt voorgesteld om een netwerk te schetsen. In sectie 3 wordt gewerkt met het computerprogramma ROADnet, dat via een kostenoptimalisatie het ideale netwerk bepaalt. De aanpak van beide methodes verschilt fundamenteel. Daarom worden de resultaten gebundeld in sectie 4 om na te gaan welke verbeteringen het meest zijn aangewezen.

2. ARNO

2.1. Werkwijze

ARNO staat voor *Architectuur voor Regionale Netwerk Ontwikkeling*. De methodiek is eigenlijk geen puur netwerkontwerpproces, maar vertaalt een visie op het netwerk naar de gewenste structuur ervan. In Ref. [2] is het proces beschreven dat moet worden gevolgd. In dit onderzoek werd gewerkt met het basisspoor, waarbij een netwerk wordt ontwikkeld voor een duidelijk gedefinieerde situatie. ARNO kan dan worden opgedeeld in verschillende stappen:

- Fase 0: *Voorbereiden ARNO proces*: De context voor de toepassing van ARNO wordt bepaald en alle relevante partijen worden bij elkaar gebracht.
- Fase 1: *Ambities en kwaliteitswensen*: Er wordt bepaald wat van het netwerk verwacht wordt; de eisen worden geformuleerd in termen van ambities en kwaliteiten.
- Fase 2: *Functioneel netwerk*: Er wordt aangegeven welke gebieden met welke kwaliteit moeten worden verbonden. Hierdoor kunnen meerdere stelsels ontstaan, met verschillende kwaliteiten. Per stelsel ontstaat een functioneel netwerk.
- Fase 3: *Structuur netwerk*: Per stelsel wordt de gewenste structuur van het netwerk vastgelegd. Het functionele netwerk wordt geprojecteerd op de bestaande structuur.
- Fase 4: *Vormgeving van wegvakken en wegprofiel*: De gedetailleerde vormgeving van het netwerk wordt beschreven.
- Fase 5: *Van toekomst naar heden*: Er wordt onderzocht welke (beleids)ingrepen in het bestaande netwerk kunnen leiden tot het geschetste netwerk.
- Fase 6: *Afronding ARNO proces*: Proces wordt geëvalueerd, de resultaten uitgedragen.

Binnen dit onderzoek is er geen rekening gehouden met beleidsingrepen en bovendien wordt met slechts één partij rekening gehouden. Daarom zijn sommige stappen van minder belang of zelfs overbodig. Met name Fase 2 en Fase 3 zijn belangrijk bij de ontwikkeling van het netwerk en zij worden dan ook uitvoerig behandeld.

2.2. Voorbereiding

In de eerste stappen worden de randvoorwaarden voor de netwerkontwikkeling bepaald. Als studiegebied wordt logischerwijze België gekozen. Het huidige onderzoek maakt in het studiegebied onderscheid tussen twee schaalniveaus: een nationaal en een regionaal niveau. De grens tussen beide niveaus wordt bepaald door de afgelegde verplaatsingsafstand. De overgang van nationale naar regionale verplaatsingen in België wordt bepaald op 30 km [3][4]. Afhankelijk van het niveau, wordt het studiegebied opgedeeld in kleinere kernen. Voor het nationale niveau wordt België ingedeeld in nodale gebieden. Dit zijn de gebieden die tot de invloedzone van één kern kunnen worden gerekend. In deze paper wordt enkel het ontwerp voor het nationale niveau besproken.

De context van het onderzoek is gelimiteerd door het karakter van de invoergegevens die worden gebruikt. De data zijn afkomstig uit verkeerstellingen en zijn dus per definitie mee bepaald door de huidige vorm van het netwerk, waardoor het ontwerp niet meer perfect ideaal zal zijn. Omdat dit echter vooral een invloed heeft op het relatieve belang van kleinere kernen, kunnen de resultaten zinvol worden gebruikt.

De ambities die in de eerste fazen van ARNO worden geformuleerd zijn gebaseerd op de ruimtelijke structuurplannen [5]6. Het belangrijkste aandachtspunt is de verbindingskwaliteit, zowel in termen van bereikbaarheid als ontsluitingskwaliteit. Dit vertaalt zich in hoogwaardige verbindingen tussen groot- en regionaalstedelijke gebieden, toegangspoorten van het netwerk en economische centra. Omwille van de ontsluitingswens worden ook verbindingen tussen alle provinciehoofdsteden geëist.

2.3. Functioneel netwerk

Om een functioneel netwerk te ontwikkelen wordt een selectie gemaakt van een aantal kernen. De selectie gebeurt op basis van het aantal gemaakte verplaatsingen tussen de nodale gebieden. De invoergegevens die worden gebruikt zijn afkomstig van verkeerstellingen van de Vlaamse Overheid en bestaan uit herkomst-bestemmingsgegevens voor alle gemeenten van het woon-werk en woon-school verkeer. De verplaatsingen doen zich allen voor tijdens de ochtendspits. Het criterium voor de selectie van een kern is het aantal verplaatsingen dat vertrekt of aankomt in een bepaalde kern, naar of uit eender welke andere kern. Met dit cijfer wordt een rangorde opgesteld van de belangrijkste kernen. Er wordt bovendien op basis van deze rangschikking een onderscheid gemaakt zodat de mogelijkheid ontstaat om een hiërarchisch netwerk te ontwerpen. Hiërarchie in een netwerk is een volkomen natuurlijk fenomeen [7] en zorgt voor de bundeling van verkeersstromen en bijhorende schaalvoordelen.

De huidige selectie heeft een aantal nadelen. Ze is gemaakt op basis van het aantal woon-werk en woon-school verplaatsingen. Dit heeft als gevolg dat niet perfect aan de geformuleerde ambities is voldaan. Zo zijn bijvoorbeeld belangrijke toegangspoorten niet geselecteerd omdat zij niet voldoende woon-werk of woon-school verplaatsingen genereren. Daarom worden een aantal kernen toegevoegd als secundaire kern. De volgende kernen worden in het ontwerp beschouwd: de luchthavens Brussels Airport (Zaventem), Brussels South Charleroi Airport (Charleroi) en Liège Airport (Luik) en de zeehavens Antwerpen, Zeebrugge, Gent en Oostende. Grote HST-stations liggen in het centrum van reeds aangesloten kernen en zijn dus al aangesloten. De kern Lommel wordt toegevoegd als vertegenwoordiger van het regionaalstedelijk netwerk *Kempische As*, vermeld in het Ruimtelijk Structuurplan Vlaanderen (RSV) [5]. De kernen Genk, Roeselare en Sint-Niklaas worden toegevoegd omwille van de vermelding als regionaalstedelijke kern in het RSV. De kern Verviers wordt toegevoegd omwille van zijn vermelding als één van de acht belangrijkste Waalse kernen in het Ruimtelijk Structuurplan voor Wallonië [6]. Tenslotte wordt Aarlen toegevoegd als provinciehoofdstad van Luxemburg omwille van de ontsluitingseis. Een overzicht van alle geselecteerde kernen wordt gegeven in Tabel 1. De later toegevoegde kernen zijn in cursief aangeduid.

Primaire kernen		
Brussel	Antwerpen	Charleroi
Gent	Luik	Namen
Brugge	Leuven	Bergen
Hasselt	Kortrijk	
Secundaire kernen		
Mechelen	La Louvière	Waver
Doornik	Aalst	Tienen
Oostende	Diest	Turnhout
Hoei	<i>Genk</i>	<i>Roeselare</i>
Sint-Niklaas	<i>Verviers</i>	<i>Lommel</i>
<i>Aarlen</i>	<i>Brussels Airport</i>	<i>Charleroi Airport</i>
<i>Liège Airport</i>	<i>Haven van Antwerpen</i>	<i>Haven van Zeebrugge</i>
<i>Haven van Gent</i>		

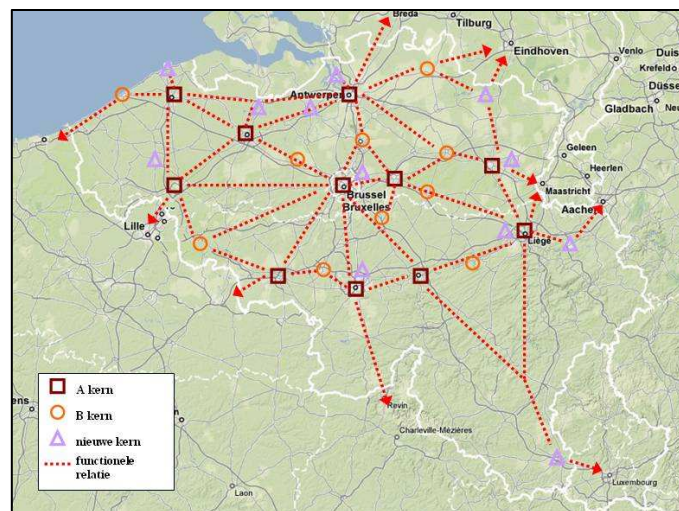
Tabel 1 – Primaire en secundaire kernen van het functioneel netwerk

Bij het ontwerp van een netwerk kan het studiegebied niet worden beschouwd als een geïsoleerd gebied, maar zal de verkeerssituatie uiteraard ook worden beïnvloed door kernen erbuiten. Het aantal kernen moet dus worden uitgebreid. Verkeer wordt zowel lokaal beïnvloed door nabijgelegen kernen als op grote afstand door verder gelegen kernen. Het doel van externe kernen is het zorgen voor een goede aansluiting op naburige landen. Ze worden daarom opgevat als richtingen waarheen een aansluiting moet worden voorzien. Een samenvatting staat in Tabel 2. Alle geselecteerde kernen zijn samen afgebeeld in Figuur 1.

Externe kernen		
Breda – Rotterdam – Amsterdam	Eindhoven	Maastricht – Aken – Keulen
Luxemburg – Metz – Nancy	Charleville-Mézières – Reims – Parijs	Valenciennes – Parijs
Rijsel – Parijs	Duinkerken – Calais – Londen	

Tabel 2 – Externe kernen

Na de selectie van de kernen wordt het functioneel netwerk ontworpen. De kernen worden met elkaar verbonden door middel van functionele verbindingen. Hierbij wordt rekening gehouden met de hiërarchie in de kernen zodat een hiërarchisch opgebouwd netwerk ontstaat. Het resultaat is een functioneel netwerk, afgebeeld in Figuur 1. Het is belangrijk om aan te stippen dat deze functionele verbindingen nog geen *fysische* wegen voorstellen. Pas in de volgende stap wordt het functioneel netwerk geprojecteerd op het bestaande netwerk en ontstaat een reëel netwerk.



Figuur 1 – Functioneel netwerk

2.4. Kwaliteiten van het netwerk

Alvorens het functioneel netwerk te projecteren naar een reëel netwerk, moet duidelijk worden geformuleerd met welke kwaliteiten de relaties moeten worden verbonden. Enkele belangrijke ontwerpaspecten worden hier besproken en gekwantificeerd. Waarden en richtlijnen worden gevonden in Refs. [3] en [4].

Het *aantal en de omvang van de kernen* beïnvloedt rechtstreeks de maaswijdte van het netwerk en speelt een rol bij het verzorgen van een voldoende ontsluiting. Voor een nationaal netwerk zijn ongeveer 20 tot 40 kernen nodig. Het huidige ontwerp bevat 41 kernen en voldoet aan deze voorwaarde. De *verwachte verplaatsingsafstand* is in België begrensd

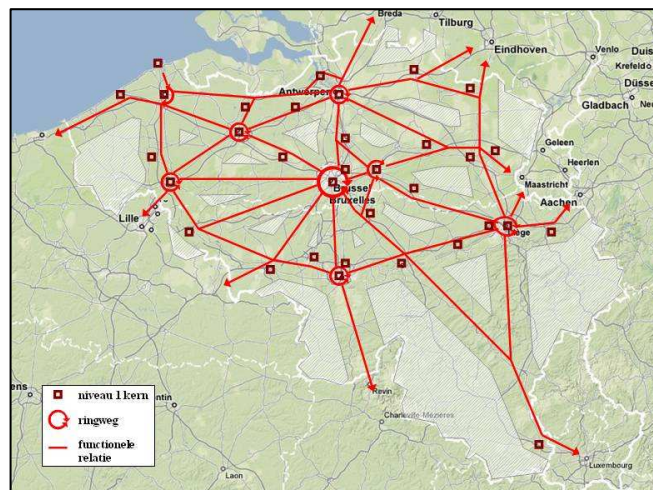
tot 300 km. Nationale verplaatsingen hebben echter ook een minimum afstand van 30 km. Een belangrijke eigenschap van het netwerk is dan ook de *afstand tussen de toegangspunten*. Een te grote afstand maakt het netwerk ontoegankelijk, een te kleine tussenafstand heeft als gevolg dat het netwerk ook lokaal en regionaal verkeer zal verwerken, in strijd met haar functie. Voor het nationale netwerk is een tussenafstand van 10 tot 30 km voorzien. De *ontwerpsnelheid* van een weg is het belangrijkste ontwerpcriterium. Voor het nationale netwerk wordt een snelheid van 100 tot 120 km/h voorzien. De *omwegfactor* van een weg is de verhouding tussen de werkelijk afgelegde afstand tussen twee kernen en de afstand in vogelvlucht. Op quasi elke verbinding moet minstens een minimale omweg worden toegestaan. Voor het nationale netwerk wordt een maximale omwegfactor van 1,4 vastgelegd.

Een laatste aandachtspunt is de *ontsluitingsruimte* van een kern. Die is van cruciaal belang in een wegennet, zeker een autosnelwegennet. Grote autosnelwegen kunnen onmogelijk als hart op hart verbindingen worden ontworpen. Er zijn twee mogelijkheden om dit probleem te omzeilen: ringwegen, waarbij het verkeer rond de kern wordt geleid, en tangents, waarbij de weg langs een kern heen loopt en er via een verbindingsweg op is aangesloten. Bij de grootste kernen is het zeker aangewezen een volledige ringweg te voorzien. In het geval van Brussel is de huidige ring zelfs zo geëvolueerd dat hij ook het verkeer verdeelt over de stad en daarmee extra wordt belast. In zulk geval kan een tweede ring mogelijk een oplossing bieden voor het doorgaande verkeer (ontvlechten van stroomfunctie en ontsluitingsfunctie). Bij kleinere kernen volstaat vaak een oplossing met tangents of een gedeeltelijke ringweg, afhankelijk van de aanwezige relaties.

2.5. Netwerkstructuur

Rekening houdend met de gewenste kwaliteiten kan het functionele netwerk worden geprojecteerd. Het resultaat is dan een ontwerp voor de netwerkstructuur en die kan dienen als ideaal netwerk. Door dit netwerk te vergelijken met het bestaande netwerk kunnen de grootste tekortkomingen worden geformuleerd. Het resultaat is weergegeven in Figuur 2. Op de kaart zijn ook de gebieden gearceerd die verder dan 10 km liggen van een autosnelweg, dit om een beeld te krijgen van de ontsluiting van het studiegebied.

Uit de vergelijking van het ideale netwerk met het bestaande netwerk blijkt dat veel overeenkomsten aanwezig zijn en in veel gevallen bestaat voor een functionele relatie een voldoende goed alternatief. De belangrijkste tekortkomingen kunnen echter worden opgesomd.



Figuur 2 – Netwerkstructuur met ARNO

- Rond Brussel zijn er geen verbindingen tussen Mechelen, Leuven en Waver. Hierin kan het begin van een tweede ring rond Brussel worden herkend. Zoals eerder aangehaald kan dit voor het doorgaand verkeer over grotere afstand een oplossing bieden. Er blijkt een vraag te zijn voor verplaatsingen die niet naar of uit Brussel komen.
- De verbinding tussen Antwerpen en Brugge is niet voltooid. Er wordt echter gewerkt aan de omvorming van de reeds aanwezige expresweg naar een autosnelweg.
- De verbinding van Charleroi naar Charleville-Mézières in Frankrijk is niet aanwezig. Hierdoor ontstaat een zeer groot niet ontsloten gebied en bovendien een gebrekkige aansluiting op het Franse wegennet. Ook hier wordt werk gemaakt van de uitbreiding naar een autosnelweg.
- De verbinding tussen Hasselt, Lommel en Turnhout en de aansluiting naar Eindhoven in Nederland ontbreekt. Hierdoor ontstaat opnieuw een groot ontsloten gebied. Veel verkeer wordt hier opgevangen door de verbinding Hasselt – Antwerpen (E313) die nu zwaar overbelast is. Er is wel sprake van een Noord-Zuidverbinding in Limburg die dit probleem deels zal verhelpen.
- Ook ringwegen kunnen worden geëvalueerd. Er werd reeds aangehaald dat de ring rond Brussel kan worden aangevuld met een tweede (gedeeltelijke) ring over Mechelen, Leuven en Waver en eventueel Aalst, Nijvel of Halle. In Antwerpen is de ring niet volledig rond, en ligt bovendien zeer kort tegen het centrum. Ook hier kan de vraag worden gesteld of een tweede ringweg een oplossing kan bieden. In Luik is de ring niet aanwezig. Er is nog sterk een radiaal netwerk van snelwegen zichtbaar.

3. ROADnet

3.1. Werkwijze

Het optimalisatiealgoritme ROADnet is ontworpen door Snelder [8] en werd toegepast op Nederland. Het principe van ROADnet is het optimaliseren van de totale transportkosten in het netwerk. Het verkeer wordt toegedeeld aan een bepaald netwerk, gebaseerd op de capaciteiten van de aanwezige verbindingen. Vervolgens wordt de totale kost berekend die veroorzaakt wordt door dit patroon en het netwerk wordt geoptimaliseerd om deze kost te minimaliseren. De volgende stap start weer met een toedeling van het verkeer en er wordt verder geïtereerd tot het evenwichtsresultaat wordt bereikt. De gegevens waar mee wordt gewerkt zijn opnieuw afkomstig van de verkeerstellingen van de Vlaamse Overheid.

In eerste instantie wordt een basisraster ontworpen voor het studiegebied. Het basisraster is opgebouwd uit kleine schakels die mogelijk worden gebruikt als verbinding in het netwerk. Het studiegebied wordt opnieuw verdeeld in een aantal zones. Voor het ontwerp met ROADnet wordt als indeling de gemeente-indeling van België genomen. Iedere gemeente wordt voorgesteld door een centroïde, die aangesloten wordt op het basisraster met een voedingslink. Alle verplaatsingen starten en eindigen in een centroïde.

De kosten waarop de optimalisatie is gebaseerd bestaan uit verschillende elementen, die allen worden uitgedrukt in één eenheid, de monetaire eenheid (euro). De *reistijdskosten* geven weer wat de kost van de totale tijd is die automobilisten op het netwerk doorbrengen. Deze tijd wordt naar een monetaire kost omgerekend via een tijdswaarderingfactor. *Infrastructuurkosten* geven de investeringen weer die nodig zijn om het netwerk aan te leggen. *Variabele autokosten* zijn afstandsafhankelijke kosten zoals brandstofkosten of routeafhankelijke kosten zoals tolkosten. *Externe kosten* geven de kosten weer die niet direct meetbaar zijn, maar wel veroorzaakt zijn door verkeer op het netwerk. Tenslotte zijn er de

extra weerstandskosten die alle overige kosten bundelen die niet in de voorgaande categorieën passen.

Verder wordt getracht verkeersstromen bij de toedeling te bundelen zodat de schaalvoordelen ontstaan die grotere verbindingen bieden ten opzichte van kleinschalige verbindingen. Dit wordt gerealiseerd door het gebruik van een bundelingsfunctie die de weerstand van kleinere wegen verhoogt.

3.2. Resultaten

De resultaten worden besproken aan de hand van kwaliteitsindicatoren die worden berekend voor het ontworpen netwerk. Daarnaast kan ook de structuur van het netwerk worden geëvalueerd. Er werden twee netwerken ontworpen, uitgaande van een verschillende bundelingsfunctie. In deze paper wordt het netwerk besproken met de minder sterke bundeling.

3.2.1 Kwaliteitsindicatoren

De kwaliteitsindicatoren voor het ideale netwerk kunnen worden vergeleken met een referentiewaarde, zoals het ideale netwerk ontworpen voor Nederland. In sommige gevallen zijn gegevens voorhanden over de huidige situatie. In dat geval wordt het ideale netwerk vergeleken met het bestaande netwerk. Details over de indicatoren kunnen worden gevonden in het originele werk [1].

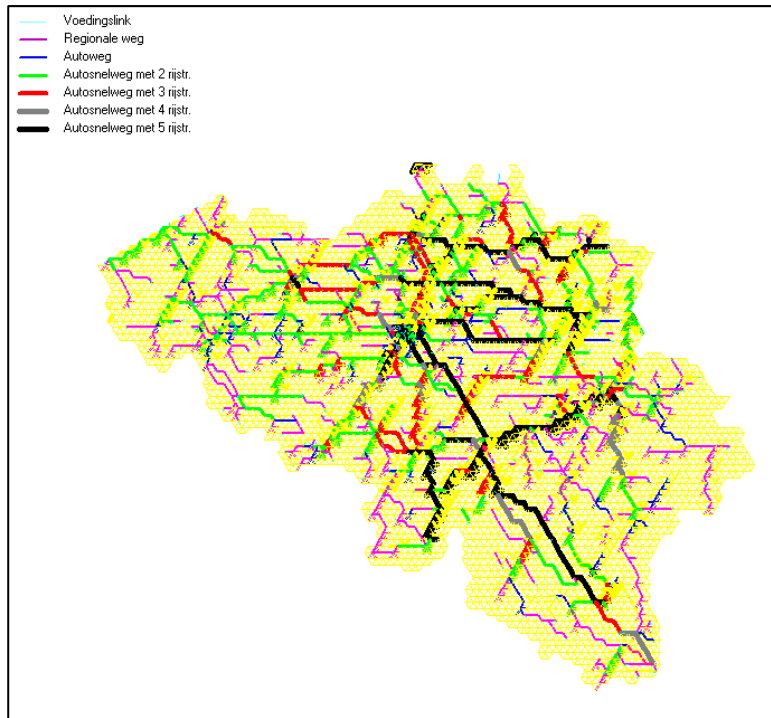
Het *aantal schakels* is beduidend kleiner dan in het Nederlandse netwerk. Dit is logisch vermits België een kleinere oppervlakte heeft. Bovendien is een extra kost gebruikt voor infrastructuur, waardoor minder wegen zullen worden aangelegd. Als de *totale weglengte* wordt bestudeerd per niveau, blijkt dat er in het ideale netwerk 50% meer autosnelwegen zijn dan in het huidige netwerk, en 60% minder regionale wegen. Dit duidt erop dat er in het huidige netwerk te weinig autosnelwegen bestaan en veel te veel regionale wegen. Het ideale netwerk biedt met een kortere totale weglengte een hogere capaciteit aan.

De *afgelegde voertuigkilometers* blijken in totaal twee maal groter te zijn dan in de huidige situatie. Dit doet vermoeden dat de omwegfactor in het ideale netwerk beduidend groter zal zijn dan in het huidige netwerk. De *totale reistijd* blijft daarentegen nagenoeg constant. Dit kan mogelijk worden verklaard door de verhoogde capaciteit. De hogere verplaatsingsafstand wordt gecompenseerd door de betere verbindingskwaliteit waardoor de reistijd constant blijft.

De *snelheid* kan op verschillende manieren worden bestudeerd. De gemiddelde reële snelheid bedraagt 86,4 km/h, lichtjes hoger dan in het Nederlandse netwerk. Een andere snelheidsindicator kan worden berekend door de afstand in vogelvlucht tussen herkomst en bestemming te delen door de reisduur. Het gemiddelde van deze waarde bedraagt 57,8 km/h, lager dan in Nederland. De absolute verbindingskwaliteit ligt dus iets lager, hoewel er sneller wordt gereden. De *gemiddelde omwegfactor* (te berekenen als de verhouding van voorgaande snelheden) bedraagt 1,49 en ligt dan ook iets hoger in België. De oorzaak is vermoedelijk opnieuw de hogere kost voor infrastructuur.

3.2.2 Netwerkstructuur

Het resultaat van het ontwerp is weergegeven in Figuur 3



Figuur 3 – Netwerkstructuur met ROADnet

Terwijl in ARNO nog sprake was van een ontwerp in verschillende niveaus, is het onderscheid hier eerder kunstmatig. Het onderscheid tussen het nationale en het regionale niveau wordt enkel gemaakt op basis van de uiteindelijke capaciteit van een verbinding. De netwerken zijn dus niet op elk niveau onderling samenhangend, sommige kleine wegen lopen gewoon dood. Ook in grensgebieden is een zinvolle interpretatie zinloos vermits geen buitenlandse kernen zijn beschouwd. Het is vooral zinvol om de grote verbindingen te beoordelen. Hierin zijn enkele autosnelwegen duidelijk te herkennen zoals de verbinding Luik – Brussel (E40) of de verbinding Brussel – Aarlen (E411). Anderzijds ontbreken sommige verbindingen in het huidige netwerk en hieruit kunnen de tekortkomingen worden gevonden. De bespreking wordt beperkt tot het nationale niveau (autosnelwegen).

3.3 Tekortkomingen

Uit de vergelijking van de kwaliteitsindicatoren met de beschikbare gegevens blijkt dat het huidige netwerk te veel regionale wegen en te weinig autosnelwegen bevat. De omwegfactor in het ideale netwerk is wel redelijk groot en dit resulteert in een grotere afgelegde afstand. Dit wordt echter gecompenseerd door de grotere capaciteit waardoor de gemiddelde reisduur niet verhoogt. De lengte van het autosnelwegennet in België is overduidelijk te klein.

Ook uit de netwerkstructuur kunnen conclusies worden getrokken. Een aantal schakels in het ideale netwerk blijken in realiteit te ontbreken, zoals een rechtstreekse verbinding tussen Brussel en Kortrijk. De belangrijkste conclusie laat zich echter als volgt samenvatten. Zowel in het ideale netwerk als in het bestaande netwerk kunnen radiale netwerkstructuren, van kern naar kern, worden herkend. Dat ze aanwezig zijn in het bestaande netwerk is logisch: grote kernen nemen een belangrijke positie in en er ontstaan dan ook veel wegen van kern naar kern. In het ideale netwerk zijn echter ook circulaire structuren en rasterstructuren terug te vinden die niet bestaan in het huidige netwerk. Voorbeelden zijn een rastervormige structuur in Limburg en een extra autosnelweg tussen Antwerpen en Brussel. De voordelen van deze autosnelwegen zijn duidelijk. Ze bieden extra opties aan het doorgaand verkeer die niet noodzakelijk in de grote kernen moeten zijn. Bovendien bieden ze, gecombineerd met

de radiale snelwegen, een raster van snelwegen met meerdere opties. Het netwerk wordt hierdoor veel robuuster. De maaswijdte in het ideale netwerk is door het grotere aantal snelwegen veel kleiner dan in het bestaande netwerk. België heeft echter een grote concentratie van relatief grote kernen op een kleine oppervlakte; een kleine maaswijdte is dus noodzakelijk om te voorkomen dat een radiaal netwerk ontstaat, dat te sterk gericht is op de grote kernen.

4. Resultaten

Beide methodes bieden twee heel verschillende invalshoeken. ARNO gaat sterk uit van een ontwerp op basis van een kernenhierarchie en richt zich vooral op een goede verbindingskwaliteit hiertussen; de kleinere kernen krijgen minder aandacht. ROADnet daarentegen onderzoekt alle verplaatsingen, ook die uit de kleinste kernen, en houdt daarbij rekening met de totale capaciteit. Het houdt anderzijds wel geen rekening met verschillende niveaus en ontwerpt een netwerk dat niet volledig samenhangend is. ARNO zorgt ervoor dat elk niveau (stelsel) afzonderlijk een kwalitatief, samenhangend netwerk heeft. Beide methodes hebben hun voor- en nadelen, wat het interessant maakt om beide methodes te combineren en de belangrijkste conclusies voor het nationale netwerk te bundelen.

Beide methodes geven aan dat een **tweede ring rond Brussel** noodzakelijk is. Een mogelijk tracé wordt gevonden langs de kernen Aalst – Mechelen – Leuven – Waver – Nijvel. De ring wordt gerechtvaardigd zowel door de verbindende functie tussen deze kernen, als door de doorstroomfunctie. In het huidige netwerk neemt Brussel een zeer centrale positie in en verdeelt veel verkeer over het land, ook het verkeer dat niet aan de stad zelf is gerelateerd. Met een extra ring wordt de huidige ring rond Brussel voor een groot deel ontlast van dit doorgaand verkeer en kan hij meer de functie vervullen van verdeler van het verkeer over de stad. Een ander bijzonder groot voordeel is dat in het netwerk rond Brussel verschillende terugvalopties ontstaan. In combinatie met de radiale uitvalswegen kan op meerdere plaatsen worden gewisseld van autosnelweg in het geval van congestie of ongevallen, wat het netwerk robuuster maakt.

Het bestaande netwerk heeft **te weinig autosnelwegen**. Met ARNO duiken een aantal tekortkomingen op; met ROADnet blijkt een globaal tekort aan snelwegen. Meer specifiek kan worden gesteld dat er in Noord-Limburg nood is aan een extra autosnelweg, met een mogelijk tracé tussen Hasselt, Lommel en Turnhout. Deze verbinding wordt aanbevolen in ARNO. De hoge capaciteit aan wegen in Limburg die blijkt uit ROADnet geeft ook aan dat er nood is aan uitbreiding. De voordelen van deze specifieke verbinding is de ontsluiting van Limburg en de ontlasting van de huidige verbinding Hasselt – Antwerpen (E313).

Een probleem dat blijkt uit de studie met ROADnet is de te grote maaswijdte van het snelwegennet. In het huidige netwerk is vooral een kern-naar-kern structuur aanwezig, met als gevolg de grote maaswijdte. Ook doorgaand verkeer wordt gedwongen langs een kern te passeren, wat resulteert in grote intensiteiten rond de grote kernen en onvoldoende terugvalopties. Een verbetering kan worden aangebracht door, naast de radiale structuur, meer **circulaire structuren en rasterstructuren** te voorzien. De eerder aangehaalde voorbeelden van een tweede ring rond Brussel en de nieuwe autosnelwegen in Noord-Limburg zijn oplossingen in die richting. Ook de oost-westverbinding die tussen Antwerpen en Brussel loopt is een mogelijkheid hiertoe.

De belangrijkste bedenking die moet worden gemaakt bij het geleverde onderzoek is de kwaliteit van de invoergegevens. Ten eerste bevatten ze enkel het woon-werk- en het woon-school verplaatsingen. Deze verplaatsingen zijn slechts een deel van het totaal en bijgevolg wordt de hoeveelheid verkeer in het netwerk onderschat. Ten tweede zijn de gegevens afkomstig van gemeten waarden, die beïnvloed zijn door het huidige netwerk. Het effect

hiervan is soms duidelijk merkbaar in beide methodes; de ontworpen netwerken zijn daarom niet helemaal onafhankelijk en kunnen niet volkomen ideaal worden genoemd. Ten derde is er onduidelijkheid over de tijdsperiode waarin de verplaatsingen zich voordoen. Voor ARNO levert dit geen problemen op, maar voor ROADnet brengt dit met zich mee dat er onzekerheid heerst over de kwantitatieve resultaten. Deze moeten dus met omzichtigheid worden geïnterpreteerd.

5. Besluit

Het geleverde onderzoek toont het praktisch nut aan van het ontwerp van ideale netwerken. Door vergelijking met bestaande netwerken kunnen tekortkomingen worden bepaald. In dit onderzoek wordt op twee manieren een ideaal netwerk ontworpen. Het eerste ontwerp, met ARNO, is gebaseerd op kernen en resulteert in een netwerk dat op ieder niveau samenhangend is. Er kunnen echter geen kwantitatieve conclusies worden gemaakt. Het tweede ontwerp, met ROADnet, kan zowel structureel als kwantitatief worden geëvalueerd, hoewel er enige onzekerheid heerst over de cijfergegevens.

Een interessant aspect is dat de resultaten van beide methodes kunnen worden gecombineerd. Hoewel de aanpak volledig verschilt, valt het op dat er enkele parallele conclusies worden getrokken. Dit versterkt de gedachte dat de gevonden aanbevelingen wel degelijk een verschil zouden kunnen maken.

De belangrijkste aanbevelingen die uiteindelijk voor het nationale niveau worden gemaakt zijn de aanleg van een tweede ring rond Brussel, het uitbreiden van het autosnelwegennet door onder meer het voorzien van een extra verbinding in Limburg en door het aanbrengen van meer cirkel- en rasterstructuren in het netwerk.

Dit onderzoek toont aan dat het ontwerpen van ideale netwerken wel degelijk relevant is en praktisch nut heeft bij het evalueren van bestaande netwerkstructuren. Op een aantal gebieden is echter nog verbetering mogelijk. De gebruikte invoergegevens beperken de mogelijkheden van dit onderzoek. Ook kunnen uitbreidingen worden voorzien voor het ontwerp van een netwerk voor de toekomst of voor een multimodaal netwerk.

Referenties

- [1] Verbraken, H., *Tabula Rasa: Een nieuw wegennet voor België*, Master thesis, KULeuven, 2008 op <http://www.kuleuven.ac.be/traffic/nl/eindwerken.php>
- [2] Vonk, T. Jong, R. de, Duijn, M. en L.H. Immers, *De ARNO Methodiek in Zes Stappen*, TNO Inro, 2005
- [3] Immers, L.H. en B. Egeter, *Het Onderliggend Wegennet als Redmiddel tegen Verkeersinfarct*, Verkeerskunde, 2002
- [4] Immers, L.H. en J.E. Stada, *Verkeers- en vervoerssystemen: Verplaatsingsgedrag, Verkeersnetwerken en Openbaar Vervoer*, cursustekst Verkeerskunde, Katholieke Universiteit Leuven, 2004
- [5] Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, *Ruimtelijk Structuurplan Vlaanderen*, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Afdeling Ruimtelijke Planning, 1997
- [6] Ministère de Région Wallonne, *Schéma de Développement de l'Espace Régional*, Ministère de Région Wallonne, 1999
- [7] Nes, R. van, *Design of Multimodal Transport Networks, A Hierarchical Approach*, proefschrift Technische Universiteit Delft, 2002
- [8] Snelder, M., *Optimalisatiealgoritme voor het Ontwerpen van Wegennetwerken: Methode en Toepassing*, eindwerk Technische Universiteit Delft, 2003