



Ruimtelijke optimalisatie van voederstromen in de Peel

Nieuwe landgebruiksvormen en clustering ten behoeve van regionale productie van veevoer

P.E.V. van Walsum, P.J. Galama, J. Roelsma, A. Cormont en M.J.D. Hack-ten Broeke



ALTERRA
WAGENINGEN UR

Ruimtelijke optimalisatie van voederstromen in de Peel

Nieuwe landgebruiksvormen en clustering ten behoeve van regionale productie
van veevoer

P.E.V. van Walsum, P.J. Galama, J. Roelsma, A. Cormont en M.J.D. Hack-ten Broeke

Dit rapport is het resultaat van KB-onderzoek, project KB12-001.01-001

Alterra Wageningen UR
Wageningen, december 2014

Alterra-rapport 2615
ISSN 1566-7197

Van Walsum, P.E.V., P.J. Galama, J. Roelsma, A. Cormont, M.J.D. Hack-ten Broeke, 2014. Ruimtelijke optimalisatie van voederstromen in de Peel, Nieuwe landgebruiksvormen en clustering ten behoeve van regionale productie van veevoer. Wageningen, Alterra Wageningen UR (University & Research centre), Alterra-rapport 2615. 50 blz.; 16 fig.; 11 tab.; 5 ref.

In een eerdere studie werd verkend in hoeverre het economische en milieutechnisch haalbaar zou zijn om in regio De Peel krachtvoervervangers regionaal te verbouwen. Wanneer meer dan 60% van het krachtvoer regionaal geteeld wordt, zal het inkomen van alle akkerbouwers in de regio lager worden dan in de huidige situatie. Verbouw van een lager percentage dan 60% is economisch wel haalbaar. De milieuwinst door het telen van meer voedergewassen bleek echter gering.

In de in dit rapport beschreven studie stelden we ons de vraag of ruimtelijke optimalisatie wel tot milieuwinst zou kunnen leiden en vervolgens hoe regionale voercentra kunnen bijdragen en op welke locatie deze zouden moeten liggen.

Gebleken is dat bij teelt van 60% van het krachtvoer binnen de regio De Peel èn afstemming van het landgebruik op bodem en grondwater, de nutriëntenbelasting vanuit de landbouw met 10 tot 20% kan worden teruggedrongen.

Wanneer 10% van de bedrijven deelnemen aan een regionaal voercentrum is het optimale aantal voercentra twee. Wanneer de voercentra gelokaliseerd worden op locaties met een hoge dichtheid aan melkvee, namelijk in de buurt van de bedrijven met de top 5% van het aantal koeien in de regio, dan zijn de transportkosten voor afvoer van de voermix nihil. Door uit te gaan van deze locaties met een verdubbeling van het aantal koeien dalen de totale kosten met ruim 20%.

Trefwoorden: melkveehouderij, milieu-effecten, krachtvoer, duurzaamheid

Dit rapport is gratis te downloaden van www.wageningenUR.nl/alterra (ga naar 'Alterra-rapporten'). Alterra Wageningen UR verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten. Gedrukte exemplaren zijn verkrijgbaar via een externe leverancier. Kijk hiervoor op www.rapportbestellen.nl.

© 2013 Alterra (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek), Postbus 47, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 07 00, E info.alterra@wur.nl, www.wageningenUR.nl/alterra. Alterra is onderdeel van Wageningen UR (University & Research centre).

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor commerciële doeleinden en/of geldelijk gewin.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Alterra-rapport 2475.2| ISSN 1566-7197

Inhoud

	Woord vooraf	5
	Samenvatting	7
1	Inleiding	9
	1.1 Achtergrond	9
	1.2 Kennisbehoefte	11
	1.3 Doelstelling project	12
	1.4 Leeswijzer	12
2	Studiegebied De Peel	13
	2.1 Waarom de Peel?	13
	2.2 Gebiedsbegrenzing	13
3	Gebruikte instrumenten	15
	3.1 Inleiding	15
	3.2 Modelaanpassing Waterwijs	16
	3.3 Implementatie voor het studiegebied	18
4	Resultaten	20
	4.1 Invloed van grondgebruiksverandering op nutriëntenvrachten	20
	4.2 Optimalisering van locaties voercentra en transportstromen	23
5	Conclusies en aanbevelingen	32
	Literatuur	33
	Bijlage 1 Waterwijsmodel met voercentra	34
	Bijlage 2 Regio-specifieke database van nutriëntenvrachten	40
	Bijlage 3 Aanpassingen aan het modelinstrumentarium STONE	43
	Bijlage 4 Scenario uitkomsten met realisaties voor 10% koeien	44

Woord vooraf

In dit rapport doen wij verslag van een onderzoek dat wij uitvoerden voor de Kennisbasis van het ministerie van Economische Zaken, thema 12: Duurzame Landbouw. Het doel van deze studie is om de gevolgen van verandering en ruimtelijke optimalisatie van het landgebruik in de Peel uit te werken voor enkele prestatie-indicatoren, te weten nutriëntenuitspoeling en regionaal inkomen. Daarbij is de mate van regionaal geteelde veevoer (krachtvoervervangers) voor melkvee gevarieerd van 0% tot 100%. Met een aangepaste versie van het STONE-instrumentarium zijn de effecten van ander landgebruik op de uitspoeling van stikstof en fosfor doorgerekend.

Naarmate er meer regionaal voer geteeld wordt, worden er minder niet-voedergewassen geteeld. Uit de eerste studie in 2013 blijkt dat het goed denkbaar is om een deel van voedergewassen binnen de regio de Peel te telen zonder dat het een negatief effect op het regionale inkomen heeft. Hiermee kan de import van veevoer beperkt worden. Dit vergt een samenwerking tussen melkveehouders en akkerbouwers in de regio. Het opzetten van regionale voercentra zou deze samenwerking kunnen professionaliseren. In dit rapport is het aantal en de locatie van de voercentra geoptimaliseerd met gebruik van het Waterwijs model.

De samenwerking tussen verschillende onderdelen van Wageningen UR was van groot belang voor dit onderzoek. De meeste onderzoekers die hebben bijgedragen aan de totstandkoming van het onderzoek en dit rapport zijn als auteur vermeld.

Wageningen, oktober 2014

Paul van Walsum (Alterra Wageningen UR)
Paul Galama (Wageningen UR Livestock Research)
Jan Roelsma (Alterra Wageningen UR)
Anouk Cormont (Alterra Wageningen UR)
Mirjam Hack-ten Broeke (Alterra Wageningen UR)

Samenvatting

Inleiding

Dit KB12-project Duurzame Landbouw is gestart om een beeld te krijgen van de toepasbaarheid en generieke inzetbaarheid van bestaande data en methodieken. Het project richt zich specifiek op intensieve landbouw in de Peel. Cormont *et al.* (2012) gaven een eerste aanzet tot kwantificering van duurzaamheidsindicatoren voor een aantal varianten van een andere ruimtelijke en landbouwkundige inrichting van het onderzoeksgebied: 1) autonome ontwikkeling, 2) maximale clustering en 3) gesloten mineralenkringlopen. Uit deze studie bleek dat autonome ontwikkeling leidt tot grotere bedrijven in de Peel, maar ook dat het aantal bedrijven zo sterk zal afnemen dat er minder vee is en veel minder werkgelegenheid. Omdat de mestproductie nog steeds hoger is dan het mestgebruik in de regio zal de hoeveelheid vee toch nog steeds zorgen voor een mestoverschot in de regio, waardoor de uitspoeling van mineralen gelijk blijft. De pilotstudie van Cormont *et al.* (2012) was een nogal theoretische exercitie waarbij naast de autonome ontwikkeling twee nogalextreme inrichtingsvarianten aan bod kwamen, namelijk maximale clustering van veehouderijbedrijven enerzijds en een volledig regionaal gesloten kringloop anderzijds. Voor het vervolg zijn we op zoek gegaan naar een realistische, minder extreme toekomstige ontwikkeling. Door het combineren van de inrichtingsvarianten maximale clustering en gesloten kringlopen ontstaat een systeem waarbij veetelers (melkveehouders) en akkerbouwers in de regio samenwerken: akkerbouwers verbouwen de benodigde krachtvoergewassen (erwten, bonen, granen, etc. ten koste van de huidige minst rendabele gewassen) en melkveehouders nemen deze producten af en gebruiken ze om hun vee te voeren. De studie door Cormont *et al.* uit 2013 richtte zich op de vraag in hoeverre het landgebruik zou veranderen en of deze verandering haalbaar zou zijn wat betreft economische en milieutechnische factoren. Uit de berekeningen volgde dat als steeds meer veevoer regionaal wordt verbouwd, het regionaal inkomen slechts licht afneemt tot de situatie waarin 40% van het veevoer standaardvoer is en 60% regionaal geteeld wordt. Wanneer meer dan 60% van het krachtvoer regionaal geteeld wordt, zal het inkomen van alle akkerbouwers in de regio samen flink lager worden dan in de huidige situatie. Daarnaast neemt gebiedsgemiddeld de nitraat- en fosfuitspoeling niet af door de omzetting van grasland- en maïsgronden naar akkerbouwgronden. De milieuwinst door het telen van meer voedergewassen lijkt dus gering.

In deze berekening is echter geen rekening gehouden met grondsoort en waterhuishouding. Een belangrijke vraag die diende als uitgangspunt voor de voorliggende studie is:

- *Kan door het optimaliseren van het bouwplan op gebiedsniveau door rekening te houden met regionale verschillen in grondsoort en waterhuishouding wel milieuwinst gehaald worden?*

En vanuit het oogpunt van kostenefficiëntie:

- *Hoeveel regionale voercentra zullen bijdragen aan maximale milieuwinst en op welke locatie zouden deze moeten liggen, zodat bovendien de kosten die gemoeid zijn met de voercentra zo laag mogelijk zijn?*

Studiegebied de Peel

In de Peel ligt niet alleen een belangrijk zwaartepunt van intensieve veehouderij met veel relatief grote en innovatieve bedrijven, maar ook grondgebonden melkveehouderij, glastuinbouw en de grondgebonden groenteteelt en akkerbouw zijn er relatief goed vertegenwoordigd. Vooral rondom de intensieve veehouderij wordt op verschillende plaatsen in de Peel een heftig maatschappelijk debat gevoerd over megastallen, ruimtelijke concentratie, effecten op volksgezondheid en meer algemeen over de toekomst van deze sector in het perspectief van duurzame ontwikkeling.

Aanpak

Voor deze studie is een koppeling gemaakt met het STONE instrumentarium en het model Waterwijs. Met het simulatiemodel STONE berekenden we het effect van veranderingen in teelten (krachtvoervervangers) op de nutriëntenconcentraties (stikstof en fosfor) in het grond- en oppervlaktewater. Het model Waterwijs biedt de mogelijkheid om door middel van 'lineaire'

programmering vanuit een gebiedsdoelstelling te optimaliseren. Waterwijs werd als doelstelling gegeven het minimaliseren van de nutriëntvrachten vanuit de landbouw door met de locaties van de te telen krachtvoervervangers te schuiven. Vervolgens werden de gevonden minimale concentraties als randvoorwaarden opgelegd om te komen tot een optimaal aantal voercentra en een optimale locatie daarvan. Bijkomende randvoorwaarde hiervoor was het minimaliseren van de kosten. Ten behoeve van de huidige toepassing is Waterwijs uitgebreid met de modellering van de logistiek rondom voercentra. Het gaat daarbij om transport van ruwvoer en krachtvoervervangers, verwerking tot voedermix, en distributie naar de melkveehouders.

Resultaten

Door 60% van het krachtvoer regionaal te telen in de Peel en het landgebruik af te stemmen op bodem en grondwater, kan de nutriëntenbelasting vanuit de landbouw met 10 tot 20% teruggedrongen worden.

Wanneer alle melkveebedrijven in de Peel met een totaal van ruim 150000 koeien zouden deelnemen aan een voercentrum en al het regionaal geteelde voer (60% van alle krachtvoer) hier verwerkt wordt, leidt een breed optimum van 5 tot 13 centra tot de laagste totale kosten.

Wanneer 10% van de bedrijven deelnemen aan een regionaal voercentrum is het optimale aantal voercentra twee. Wanneer de voercentra gelokaliseerd worden op locaties met een hoge dichtheid aan melkvee, namelijk in de buurt van de bedrijven met de top 5% van het aantal koeien in de regio, dan zijn de transportkosten voor afvoer van de voermix nihil. Door uit te gaan van deze locaties met een verdubbeling van het aantal koeien dalen de totale kosten met ruim 20%.

Aanbevelingen

Het is de moeite waard de optimalisatie van het landgebruik en het professionaliseren van de samenwerking tussen telers van voer en afnemers van rantsoenen op gebiedsniveau verder te verkennen voor de Peel en andere regio's in Nederland of internationaal door meer in te spelen op en rekening te houden met:

- De wens van grondgebonden melkveehouderij
- De wens van het regionaal sluiten van voer- en meststromen
- Verdergaande schaalvergroting
- Technische ontwikkelingen rond nieuwe teelten, diversificatie van mestsoorten (organisch) en precisielandbouw
- Kansen voor samenwerking, maar tevens de vrijheid van ondernemerschap
- Effect van de juiste teelt op de juiste locatie met de juiste mestsoort op milieu en economie
- Optimaliseren van zowel voer- als meststromen met voer- en mestcentra als tussenschakel
- Optimaliseren van de locaties van vee, voer- en mestcentra vanuit een Agro-as

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Verduurzaming van de landbouw en de ontwikkeling van het landelijk gebied vragen om data en om kennis. Met kennis en data van bodem, water, werkgelegenheid, landgebruik en bijvoorbeeld de uitspoeling van nutriënten kunnen de effecten van veranderingen op duurzaamheidsindicatoren voor zowel *planet* als *profit* worden geschat. Dat is nodig om te beoordelen in hoeverre een verandering in landgebruik en mate van zelfvoorziening qua aanvoer van grondstoffen (meststoffen, voer) en afzet van producten bijdraagt aan verduurzaming.

In Nederland zoeken het landbouwkundig onderzoek en het landbouwbedrijfsleven veelal samen naar oplossingen voor de problemen op het gebied van bijvoorbeeld water- en nutriëntenhuishouding, energievoorziening en klimaatverandering. Hiervoor moeten zij echter over de juiste tools beschikken. Dit KB12-project Duurzame Landbouw is gestart om een beeld te krijgen van de toepasbaarheid en generieke inzetbaarheid van bestaande data en methodieken. Het project richt zich specifiek op intensieve landbouw in de Peel. *Figuur 1.1* geeft een overzicht van het onderzoek dat gedaan is in het kader van het project.

Met de studie uit het eerste jaar (2011) ontsloten Cormont *et al.* (2012) data en integreerden kennis(systemen) om te komen tot een afwegingskader voor efficiënter gebruik van natuurlijke hulpbronnen, zoals bodem en water, in relatie tot landgebruik en duurzame bedrijfsvoering en economie. Dit project richtte zich als pilot op de melkveehouderij en in beperkte mate ook de intensieve landbouw in de Peel, om op basis van indicatoren, die regio-specifiek ingevuld werden, de duurzaamheidsprestaties van alternatieven te kunnen beoordelen.

Binnen de landbouwpraktijk in de Peel, vooral in de veehouderijsector, heersen specifieke vragen over ontwikkelingsmogelijkheden voor agrarische bedrijven. Cormont *et al.* (2012) gaven een eerste aanzet tot kwantificering van duurzaamheidsindicatoren voor een aantal varianten van een andere ruimtelijke en landbouwkundige inrichting van het onderzoeksgebied: 1) autonome ontwikkeling, 2) maximale clustering en 3) gesloten mineralenkringlopen. Uit deze studie bleek dat autonome ontwikkeling leidt tot grotere bedrijven in de Peel, maar ook dat het aantal bedrijven zo sterk zal afnemen dat er minder vee is en veel minder werkgelegenheid. Omdat de mestproductie nog steeds hoger is dan het mestgebruik in de regio zal de hoeveelheid vee toch nog steeds zorgen voor een mestoverschot in de regio, waardoor de uitspoeling van mineralen gelijk blijft. Door de ligging van binnenhavens binnen het gebied kunnen maximaal negen agroclusters ontstaan. Als de huidige dierenaantallen (varkens en melkkoeien) over deze clusters worden verdeeld op basis van de minimale afstand tussen bedrijven en havens, kunnen slechts drie tot vijf van deze clusters genoeg varkens en melkkoeien herbergen om rendabel te zijn en de productie in de regio op peil te houden. De gevolgen voor de werkgelegenheid zijn niet duidelijk. Voor een gesloten mineralenkringloop moet het aantal dieren in de regio drastisch verlaagd worden, waardoor de productie fors afneemt. Dit heeft samen direct effect op de rendabiliteit, uitgedrukt in aantal NGE, en dus de werkgelegenheid van alle veehouderijbedrijven in de regio.

Cormont *et al.* (2012) maakten gebruik van data uit de GIAB- en BRP-database (Gies *et al.*, 2008; Hoogerwerf *et al.*, 2003) en gegevens over stikstofhoeveelheden in mest. Omdat er al zoveel bekend is over de Peel was het grotendeels mogelijk om zonder gebruik van een (model)instrumentarium door te rekenen wat het effect van inrichtingsvarianten zou zijn op het aantal en de omvang van de bedrijven in de regio en de bijbehorende werkgelegenheid. Alleen voor het berekenen van de nutriëntenconcentraties (stikstof en fosfor) in het grond- en oppervlaktewater is gebruik gemaakt van een modelinstrumentarium (STONE 2.4).

De pilotstudie van Cormont *et al.* (2012) was een nogal theoretische exercitie waarbij naast de autonome ontwikkeling twee nogalextreme inrichtingsvarianten aan bod kwamen, namelijk maximale clustering van veehouderijbedrijven enerzijds en een volledig regionaal gesloten kringloop anderzijds. Voor het vervolg zijn we op zoek gegaan naar een realistische, minder extreme toekomstige ontwikkeling. Cormont *et al.* (2012) lieten zien dat de beschikbare data en het modelinstrumentarium mogelijkheden bieden om de duurzaamheid te beoordelen van scenario's die dichterbij de belevingswereld van agrariërs in de regio liggen.

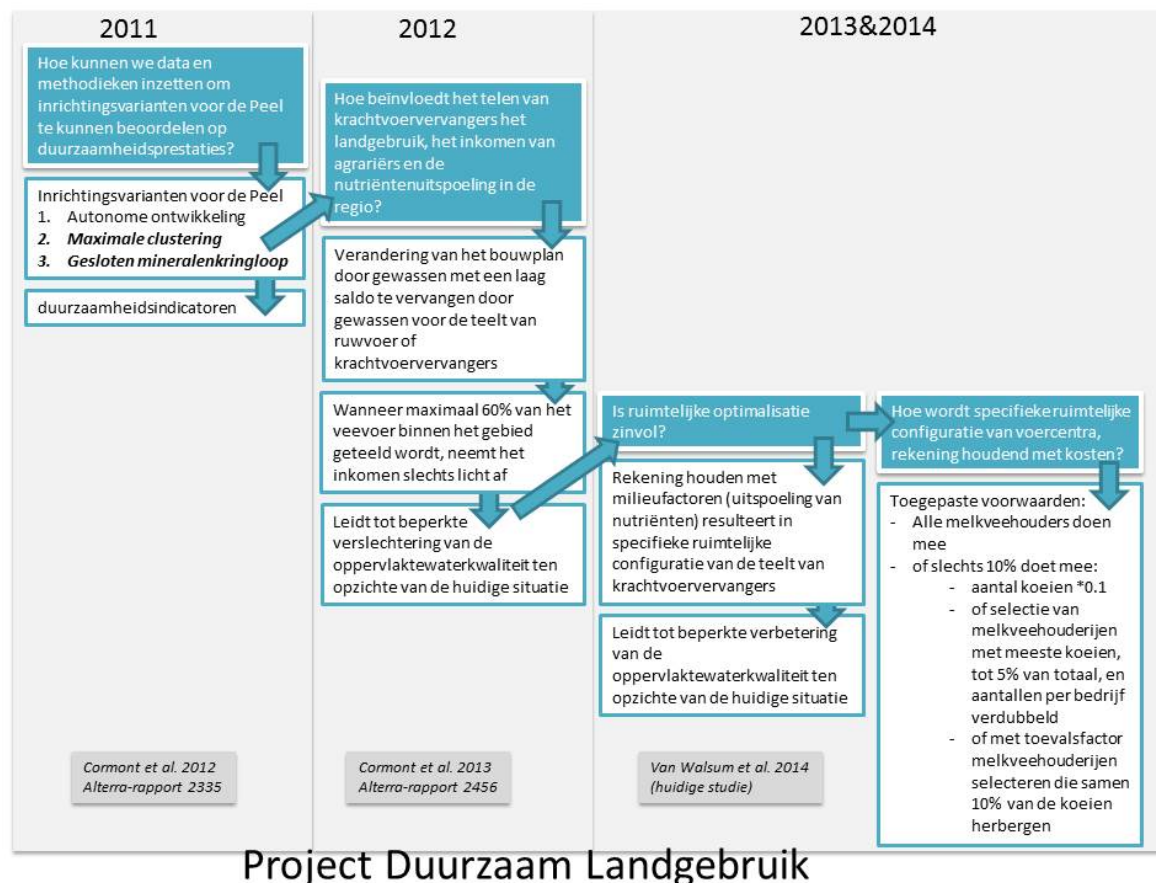
Door het combineren van de inrichtingsvarianten maximale clustering en gesloten kringlopen ontstaat een systeem waarbij veetelers (melkveehouders) en akkerbouwers in de regio samenwerken: akkerbouwers verbouwen de benodigde krachtvoergewassen (erwten, bonen, granen, etc. ten koste van de huidige minst rendabele gewassen) en melkveehouders nemen deze producten af en gebruiken ze om hun vee te voeren. De studie door Cormont *et al.* uit 2013 richtte zich op de vraag in hoeverre het landgebruik zou veranderen en of deze verandering haalbaar zou zijn wat betreft economische en milieutechnische factoren. De vraag is uitgewerkt door de mate van zelfvoorziening van voer in een regio te variëren, waarbij eerst het rantsoen is gevarieerd door standaard krachtvoer steeds meer te vervangen door regionaal geteelde grondstoffen, en vervolgens de verandering in het totale rantsoen qua ruwvoer en enkelvoudige grondstoffen te vertalen naar verandering in het bouwplan. Door gewassen met laag saldo te vervangen door voedergewassen is het effect van de verandering van het landgebruik op het inkomen berekend, en zijn met model STONE de gevolgen doorgerekend voor de uitspoeling van nutriënten. Uit de berekeningen volgde dat als steeds meer veevoer regionaal wordt verbouwd, het regionaal inkomen slechts licht afneemt tot de situatie waarin 40% van het veevoer standaardvoer is en 60% regionaal geteeld wordt. Wanneer meer dan 60% van het krachtvoer regionaal geteeld wordt, zal het inkomen van alle akkerbouwers in de regio samen flink lager worden dan in de huidige situatie. Daarnaast neemt gebiedsgemiddeld de nitraat- en fosforuitspoeling niet af door de omzetting van grasland- en maïsgronden naar akkerbouwgronden. De milieuwinst door het telen van meer voedergewassen lijkt dus gering.

In deze berekening is echter geen rekening gehouden met grondsoort en waterhuishouding. Een belangrijke vraag die diende als uitgangspunt voor de voorliggende studie is:

- *Kan door het optimaliseren van het bouwplan op gebiedsniveau door rekening te houden met regionale verschillen in grondsoort en waterhuishouding wel milieuwinst gehaald worden?*

Een regionaal voercentrum kan ondersteuning geven in de samenwerking tussen akkerbouwers die krachtvoer telen voor melkveehouders en melkveehouders die rantsoenen afnemen. Het voer dat melkveehouders en akkerbouwers telen wordt op het voercentrum opgeslagen, gemengd tot een totaal rantsoen en geleverd aan de melkveebedrijven. Een voercentrum is echter een extra schakel die leidt tot extra transportstromen van de oogst van gewassen naar het voercentrum en van rantsoenen naar de melkveebedrijven. Daarnaast speelt de grootte van een voercentrum een rol uit oogpunt van efficiëntie. Grote voercentra hebben relatief lagere overhead en bedienen meer boeren binnen een grotere straal om het voercentrum heen, maar zorgen daardoor voor hogere transportkosten. Dit betekent dat er een afweging nodig is tussen enerzijds het aantal regionale voercentra en anderzijds de locatie van deze voercentra. De tweede centrale vraag voor de voorliggende studie is daarom:

- *Hoeveel regionale voercentra zullen bijdragen aan maximale milieuwinst en op welke locatie zouden deze moeten liggen, zodat bovendien de kosten die gemoeid zijn met de voercentra zo laag mogelijk zijn?*



Figuur 1.1 Overzicht van het onderzoek dat gedaan is in het kader van KB12-project Duurzame Landbouw

1.2 Kennisbehoefte

Om te voldoen aan de toenemende vraag naar kwalitatief goed voedsel in een goede relatie met de omgeving zijn transitie nodig naar duurzame landbouwproductie door het terugdringen van gebruik van energie, ruimte, mest, mineralen, medicijnen en bestrijdingsmiddelen, terwijl de hogere productieniveaus en inkomen gehandhaafd blijven. Efficiënter gebruik van hulpbronnen vereist innovatie en het vinden van oplossingen voor de problemen op het gebied van bijvoorbeeld water- en nutriëntenhuishouding, energievoorziening en klimaatverandering. Dit onderzoek is gestart om de kennis en methodieken hiervoor toepasbaar te maken.

Het landgebruik in Nederland is tot op heden sterk bepaald door keuzes die individuele akkerbouwers en melkveehouders maken. Er is geoptimaliseerd op bedrijfsniveau. Dat is logisch, want elke ondernemer is verantwoordelijk voor zijn eigen keuzes. De vraag is echter of optimalisatie op gebiedsniveau meerwaarde kan hebben. Daar is een aantal redenen voor. Door de voortdurende schaalvergroting zullen ondernemers continu opnieuw een balans zoeken tussen het aantal dieren, hectares grond en een optimaal bouwplan. Daarbij zal gestreefd worden naar een optimale verkaveling rondom het bedrijf. De verwachting is echter dat steeds meer grond op afstand komt te liggen. De huiskavel zal benut worden voor beweiding en veldkavels bijvoorbeeld voor de teelt van maïs. Naast behoud van beweiding streven de Zuivelindustrie (NZO) en de boerenorganisatie LTO een grondgebonden melkveehouderij na. De vraag is echter in hoeverre dit op bedrijfsniveau of op regionaal niveau gerealiseerd kan worden. Bovendien speelt de kwestie hoe ver zou je kunnen gaan in het telen van eigen voer (ruwvoer en krachtvoervangers) in de regio om import van veevoer zoveel mogelijk te beperken. Het gevolg van meer voer in de regio telen gaat echter wel ten koste van de teelt van niet-voedergewassen. Die moeten dan elders verbouwd worden. Daarnaast speelt een toenemende schaalvergroting met steeds meer veldkavels en een toenemende behoefte aan behoud

van beweiding en grondgebondenheid. Vanuit deze achtergrond is deze studie naar nieuwe landgebruiksvormen ten behoeve van een regionale productie van veevoer gedaan. De gedachte daarbij is tevens om de teelt van voedergewassen te optimaliseren op gebiedsniveau in plaats van op bedrijfsniveau en de samenwerking tussen melkveehouders en akkerbouwers te professionaliseren met behulp van regionale voercentra. Deze visie speelt in op het sluiten van voer- en meststromen in de regio en haakt tevens in op nieuwe ontwikkelingen die te verwachten zijn rond nieuwe teelten, nieuwe mestsoorten als gevolg van mestverwerking (raffineren, vergisten, compostering) en precisielandbouw. Door op gebiedsniveau te optimaliseren, rekening houdend met deze ontwikkelingen, is de verwachting dat door het juiste gewas op de juiste locatie met de juiste meststof te telen er milieuwinst geboekt kan worden. En de verwachting is tevens dat door samenwerking van gespecialiseerde bedrijven in een regio voor alle partijen ook economische winst is te behalen.

1.3 Doelstelling project

Het doel van de voorliggende studie is tweeledig. Een eerste doel is het zoeken naar optimale locaties voor de teelt van krachtvoervervangers binnen het studiegebied van de Peel zodat zoveel mogelijk milieuwinst gehaald wordt, rekening houdend met regionale verschillen in grondsoort en waterhuishouding. Met dit bouwplan wordt vervolgens binnen het studiegebied het aantal regionale voercentra en de locatie ervan geoptimaliseerd, zodat de overhead- en transportkosten minimaal zijn.

1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 lichten we toe waarom is gekozen voor een pilotstudie in de Peel. In hoofdstuk 3 beschrijven we de aanpak van de studie. We beschrijven model Waterwijs en de technische aanpassingen en aanvullingen die we hierin deden voor deze studie. Ook beschrijven we in hoofdstuk 3 hoe we Waterwijs hebben geïmplementeerd in het studiegebied. In hoofdstuk 4 presenteren en bespreken we de resultaten van de berekeningen. Eerst bespreken we hoe de ruimtelijke configuratie van de teelt van krachtvoervervangers uitwerkt als we de uitspoeling van nutriënten vanuit de landbouw minimaliseren. Vervolgens bespreken we hoe de ruimtelijke verdeling van voercentra wordt als we de kosten hiervan minimaliseren. In hoofdstuk 5 trekken we conclusies over wat het project en de pilotstudie ons heeft geleerd, en doen we aanbevelingen voor de toekomst.

2 Studiegebied De Peel

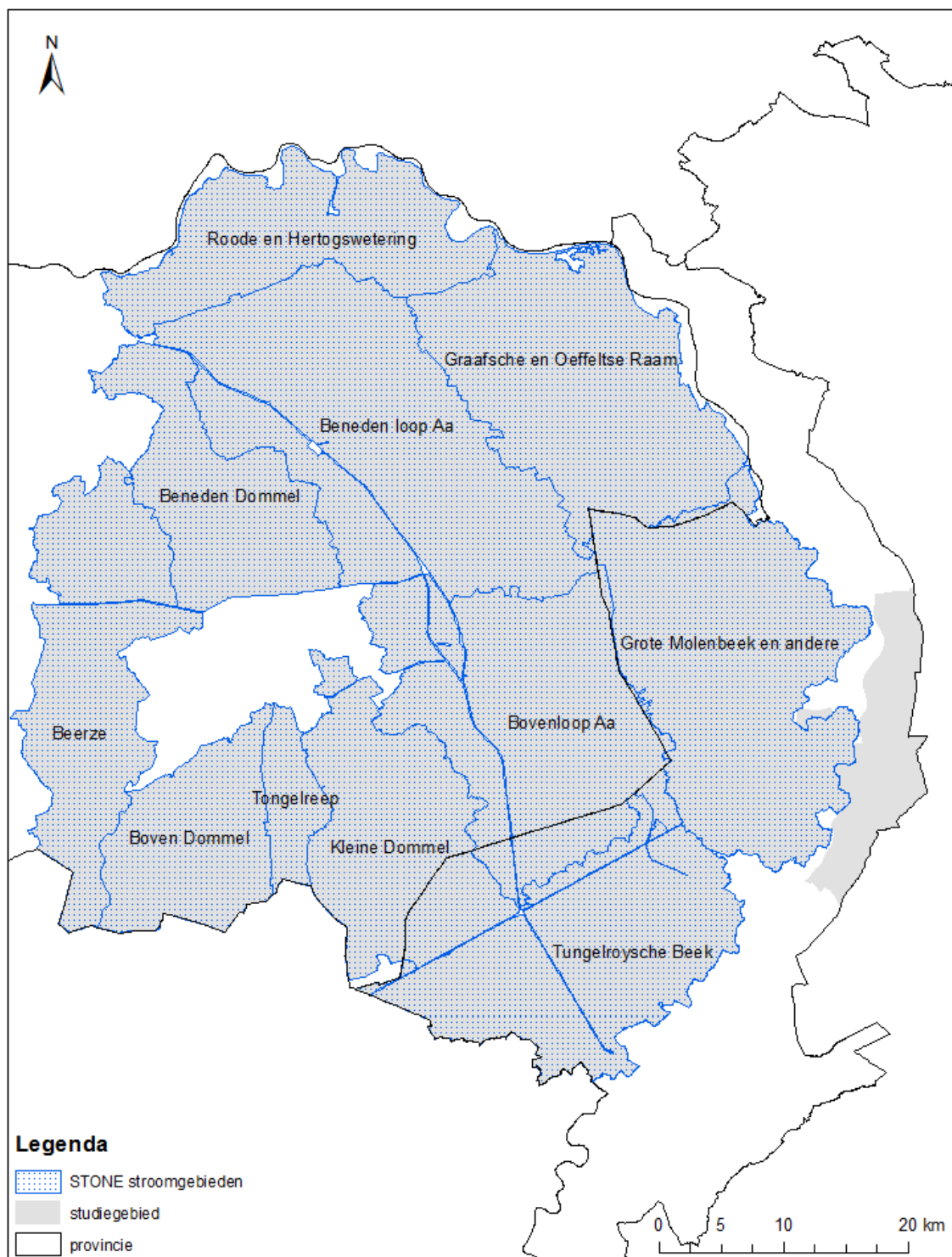
2.1 Waarom de Peel?

Als studiegebied is voor de Peel gekozen (Cormont *et al.*, 2012). In deze regio ligt niet alleen een belangrijk zwaartepunt van intensieve veehouderij met veel relatief grote en innovatieve bedrijven, maar ook grondgebonden melkveehouderij, glastuinbouw en de grondgebonden groenteteelt en akkerbouw zijn er relatief goed vertegenwoordigd. Vooral rondom de intensieve veehouderij wordt op verschillende plaatsen in de Peel een heftig maatschappelijk debat gevoerd over megastallen, ruimtelijke concentratie, effecten op volksgezondheid en meer algemeen over de toekomst van deze sector in het perspectief van duurzame ontwikkeling (Baltussen *et al.*, 2010). De Peel is eveneens het studiegebied voor parallelle onderzoekstrajecten in het kader van het Kennisbasisonderzoek. Bovendien bestaan er contacten met agrariërs in de Peel met specifieke vragen over ontwikkelingsmogelijkheden voor hun bedrijven.

Noordoost Brabant is een economisch sterke regio. Om dit te blijven, heeft het Strategisch Beraad Noordoost Brabant, bestaande uit vertegenwoordigers van overheden, onderwijsinstellingen en ondernemers, het initiatief genomen om Agrifood tot speerpunt voor de economische ontwikkeling van de regio te maken. Onderdeel van deze uitvoeringsstrategie is een aantal integrale gebiedsopgaven waarbij de koppeling wordt gelegd tussen groenblauwe structuren en overige thema's en financieringsbronnen. Agro As de Peel zou één van deze gebiedsopgaven kunnen worden. De verbinding tussen de Maas en de Peel, de ontwikkelingsmogelijkheden van de agrarische sector rondom de Middelpelweg, de focus van de regio op Agrifood (en innovatie en duurzaamheid) en de waterbehoefte vanuit de agrarische sector, maken dit gebied interessant.

2.2 Gebiedsbegrenzing

In deze studie is gekozen voor de hydrologische begrenzing van de Peel conform de studie Evaluatie Mestwetgeving Ex-ante (Van Boekel *et al.*, 2011). De verstedelijkte regio Eindhoven-Veldhoven-Waalre-Geldrop-Mierlo-Nuenen, Gerwen en Nederwetten-Helmond bleef buiten beschouwing. De Maas vormt een natuurlijke hydrologische begrenzing van het gebied. De agrarische bedrijfsvoering in het deel van de gemeente Venlo ten oosten van de Maas is echter sterk gerelateerd aan de bedrijfsvoering in de geselecteerde stroomgebieden. De gemeente Venlo is daarom toch geheel opgenomen in het onderzoeksgebied. De simulaties in deze studie betreffen echter alleen de stroomgebieden zoals *figuur 2.1* weergeeft en daarmee alleen het deel van de gemeente Venlo ten westen van de Maas.



Figuur 2.1 Begrenzing van het onderzoeksgebied en de stroomgebieden

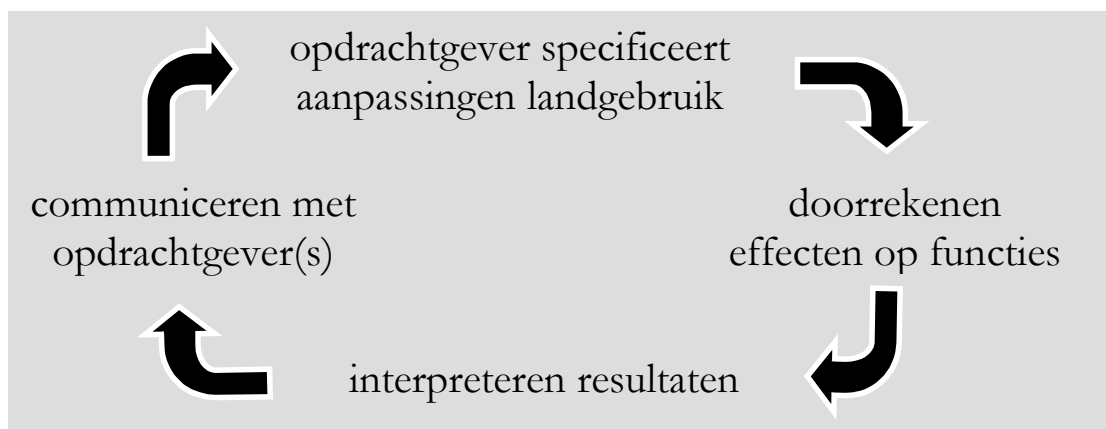
3 Gebruikte instrumenten

Het model Waterwijs (Van Walsum e.a. 2002) biedt de mogelijkheid om vanuit een gebiedsdoelstelling het landgebruik te optimaliseren. Voor deze studie is een koppeling gemaakt met het STONE instrumentarium. Tevens is de logistiek rondom voercentra opgenomen in het model. Het model wordt ook gebruikt om voor het huidige landgebruik de stikstof- en fosforconcentraties in het oppervlaktewater te berekenen.

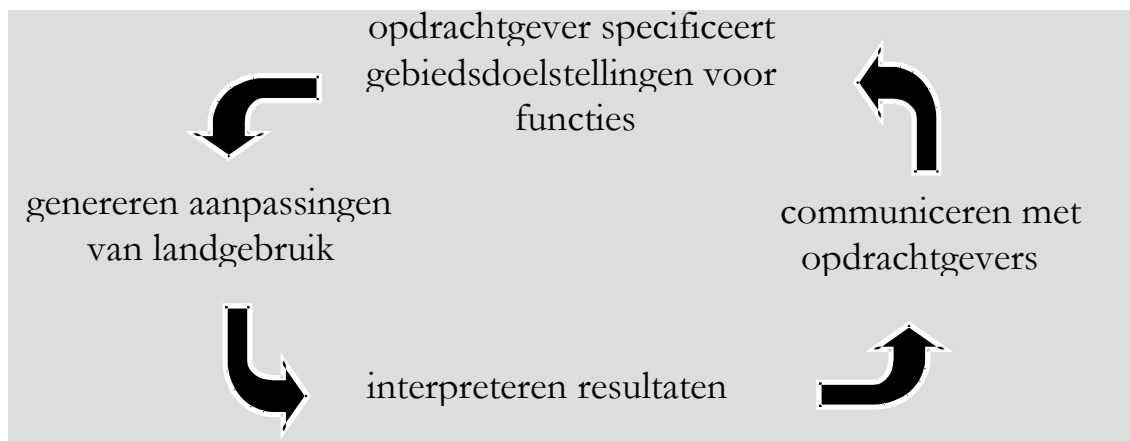
3.1 Inleiding

Bij het doen van voorstellen voor een alternatieve ruimtelijke inrichting van een gebied komt men in aanraking met de diverse belangen van ingelanden en ook van de voor het gebied verantwoordelijke overheidsorganen. Voor de uiteindelijke keuzes die gemaakt worden dient voldoende draagvlak te zijn gecreëerd. Dat draagvlak hangt niet alleen af van de rationaliteit van de keuzes; ook het voldoende rekening houden met de diverse vaak strijdige belangen is een vereiste. Om het keuzeproces tot een goed einde te brengen is een interactief proces tussen kennishouders ('onderzoekers') en de belanghebbenden een vereiste. Om dat proces te faciliteren is het systeem Waterwijs ontwikkeld.

Waterwijs heeft als model een andere insteek dan een 'regulier' simulatiemodel. In *Figuur 3.1* is uitgebeeld hoe de gebruikelijke manier van beleidsondersteuning in zijn werk gaat. Vertrekpunt is steeds het door opdrachtgever(s) formuleren van een inrichtingsplan; het eindpunt is de interpretatie en communicatie van de effecten op de verschillende functies als landbouw en natuur.



Figuur 3.1 Conventionele werkwijze bij beleidsondersteuning met modellen. Vertrekpunt in de conventionele werkwijze is het door de opdrachtgever gespecificeerde landgebruik



Figuur 3.2 Wijze van beleidsondersteuning met Waterwijs. Vertrekpunt van de methode is de specificatie door de opdrachtgever (of een gedelegeerde) van gebiedsdoelstellingen. Waterwijs levert de aanpassingen van het landgebruik en het bijbehorende land- en waterbeheer.

In de aanpak volgens Waterwijs (Figuur 3.2) verloopt de cyclus juist andersom: de opdrachtgever specificeert wensen ten aanzien van de gebiedsdoelstellingen, en het systeem vertaalt deze wensen in een voorstel met de hiertoe benodigde aanpassingen aan het land- en watergebruik.

In deze studie is echter niet direct sprake van een opdrachtgever of belanghebbende met wie de onderzoekers aan tafel zitten. Daarom is er voor gekozen om door de onderzoekers zelf de vraagstelling van deze studie aan te bieden en hebben de onderzoekers zelf de rol van opdrachtgever of belanghebbende aangenomen.

Het 'in omgekeerde richting' kunnen rekenen kan niet worden gerealiseerd met de 'normale' simulatiemodellen. Die hebben namelijk een te complexe wiskundige vorm. Daarom wordt in Waterwijs gewerkt met zogenaamde 'meta-modellen' die voldoen aan een speciale format. Modellen in dat format kunnen worden ingebed in een algoritme voor wiskundige optimalisering, in dit geval 'Mixed Integer Linear Programming' (MILP). Dat er met 'lineaire' programmering wordt gewerkt betekent overigens niet dat nutriënt-uitspoelingen worden gemodelleerd volgens een eenvoudig lineair verband met de mesttoediening. De niet-lineariteit wordt 'verstopt' in een kennistabel die het verband geeft tussen bijvoorbeeld het landgebruik X en uitspoeling van stof Y. Door meerdere opties van de meestoeiding gekoppeld aan een bepaald type landgebruik in de kennistabel op te nemen kan toch met niet-lineaire uitspoelingsfuncties worden gewerkt.

3.2 Modelaanpassing Waterwijs

Uitgangspunt is de code en implementatie zoals die voor de landelijk KRW verkenning is gebruikt (Van Boekel *et al.*, 2012). Daarin worden niet alleen nutriëntvrachten vanuit de landbouw berekend, maar tevens vanuit RWZI's, diffuse bronnen uit het landelijke gebied, en instroming van buiten (België).

De implementatie van het Waterwijs model is gedaan voor de volgende landgebruiksopties: grasland, snijmaïs, akkerbouw, akkerbouw met krachtvoervervangers, afgekort akkerbouw_kvv. Voor een bepaald voederscenario (Cormont e.a. 2013) worden de totalen van deze landgebruikstypes gespecificeerd. Voor grasland, snijmaïs en akkerbouw zijn de totalen lager dan in de huidige situatie. Het areaal akkerbouw_kvv is gelijk aan de totale afname van de andere grondgebruikstypen. Het model heeft alleen de vrijheidsgraad om lokaal een van de huidige grondgebruikstypen te vervangen door akkerbouw_kvv, en dus niet om een algehele herschikking van grondgebruik door te voeren.

Per grondgebruikstype en locatie is er een koppeling naar de database met nutriënt-uitspoelingsinformatie van STONE plots (Cormont *et al.*, 2012). De koppeling aan locaties gaat via een vertaling naar hydrotopen. In de implementatie ten behoeve van de landelijke verkenning (Van Boekel

et al., 2012) was er een vaste koppeling tussen de hydrotopen en de STONE plots. Maar in de huidige toepassing kan het model het grondgebruik veranderen. Daartoe is voor deze studie een lijst opgesteld met per hydrotoop (z) en voor de onderscheiden landgebruikstypen (u) het nummer van de betreffende plot (zie paragraaf 3.3). Soms is er geen optie beschikbaar (bijvoorbeeld aardappelen op een grondwatertrap II).

Waterwijs kan als doelstelling worden gegeven het minimaliseren van de nutriëntvrachten vanuit de landbouw. Het is ook mogelijk een vervolgstap te maken, waarbij de eerder gevonden minimale concentraties als randvoorwaarden dienen bij de optimalisatie van een economische doelstelling. Ten behoeve van de huidige toepassing is Waterwijs uitgebreid met de modellering van de logistiek rondom voercentra. Het gaat daarbij om transport van ruwvoer en krachtvoervervangers, verwerking tot voedermix, en distributie naar de melkveehouders. De uitbreiding van het model is beschreven in Bijlage 1.

De doelfunctie voor de totale kosten van de voedervoorziening wordt opgesteld vanuit het perspectief van het gebied als geheel, van het voercentrum en de melkveehouders tezamen. Het regionaal voercentrum levert daarbij verschillende diensten. Het is om te beginnen een afzetkanaal voor akkerbouwers en melkveehouders waaraan zij hun gewassen kunnen verkopen. Het voercentrum zorgt voor de voeropslag en het verwerken van de voeders tot verschillende rantsoenen. Die rantsoenen kunnen worden afgeleverd op de melkveebedrijven. Daarbij kunnen deskundigen begeleiding geven bij de teelt van gewassen en het optimaliseren van rantsoenen. Een voercentrum leidt tot extra transportkosten van gewassen naar het voercentrum en het leveren van rantsoenen vanaf het voercentrum. Deze kosten worden geminimaliseerd in het model. Daarbij wordt rekening gehouden met de kosten van het voercentrum bij verschillende schaalgroottes (omzet in voer). De optimalisatie richt zich dus op het minimaliseren van de totale kosten van transport en het voercentrum.

Er is geen berekening gemaakt van het rendement van een individueel voercentrum, omdat naast de kosten voor het bouwblok, de voeropslag, de mechanisatie, het kantoor en de personeelskosten het rendement ook sterk bepaald wordt door de kosten van aankoop van gewassen en de verkoopprijs van hun geleverde rantsoenen. Deze prijzen zullen ook sterke invloed hebben op het rendement van de telers van voer (akkerbouwers en melkveehouders) en de afnemers van de rantsoenen (melkveehouders). Er worden dus geen kosten en opbrengsten van deze aan- en verkooptransacties van het voercentrum in rekening gebracht. Indirect is het wel zo dat de optimalisering die het model uitvoert een gunstige uitwerking heeft op het rendement van de eventueel te vestigen centra. Dat rendement zal mede afhangen van een aantal andere zaken die niet in het model zijn opgenomen, zoals risico's rond ziekteverspreiding of onvoldoende kunnen afstemmen op individuele voederbehoeftes van koeien. De gevolgen en het perspectief van een regionaal voercentrum voor de melkveehouderij is beschreven in rapport 311 van Wageningen UR Livestock Research (Galama et al, 2012).

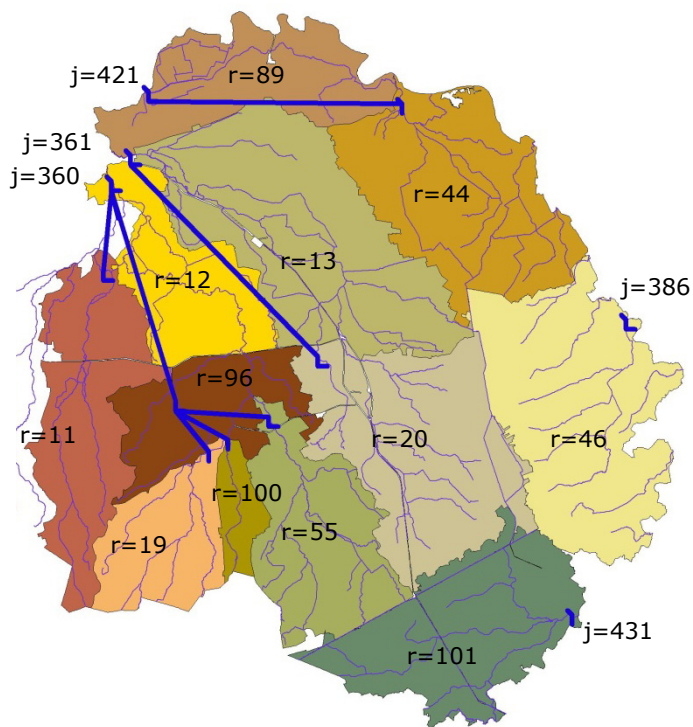
3.3 Implementatie voor het studiegebied

Het Waterwijs model beschreven door Van Boekel *et al.* (2012) dekt heel Nederland. Het huidige studiegebied omvat de stroomgebieden die zijn opgesomd in *Tabel 3.1*. In *Figuur 3.3* zijn weergegeven de stroomgebieden en (geschematiseerde) waterlopen die binnen het huidige studiegebied vallen (zie voor nadere uitleg ook Bijlage 2). Iedere stroomgebied heeft een verbinding naar de rand van het gebied. In totaal zijn er vijf uitstroompunten.

Tabel 3.1

Deelgebieden in het studiegebied De Peel.

Naam Stroomgebied	Nummer Stroomgebied (r)
Roode en Hertogswetering	89
Graafsche en Oeffeltse Raam	44
Grote Molenbeek en andere	46
Benedenloop Aa	13
Bovenloop Aa	20
Tungelroysche Beek	101
Beneden Dommel	12
Boven Dommel	19
Kleine Dommel	55
Stadsdommel	96
Tongelreep	100
Beerze	11

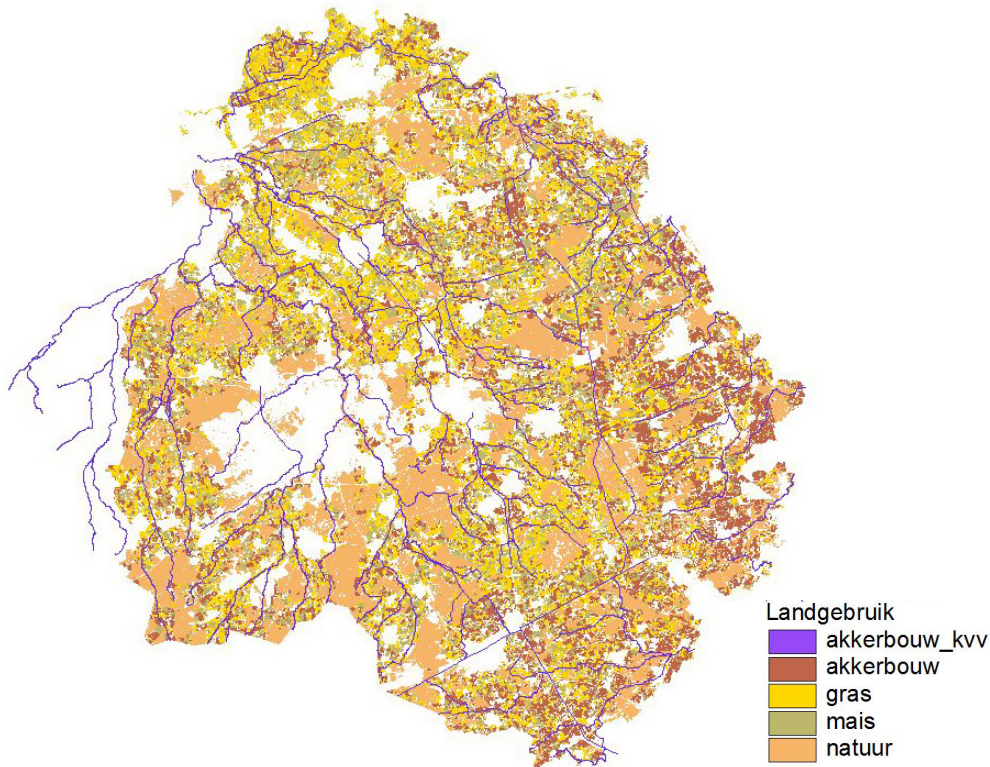


Figuur 3.3 Studiegebied in De Peel, met stroomgebieden (r) en met vijf uitstroompunten (j). De blauwe lijnen zijn de (geschematiseerde) waterlopen die binnen het huidige studiegebied vallen

De stroomgebieden (r) bestaan uit verschillende hydrotopen (z). De hydrotopen zijn niet in de *figuur* weergegeven. De hydrotopen zijn vergelijkbaar met 'plots, maar dan ruimtelijk ingekaderd': een bepaalde hydrotoop vertegenwoordigt een unieke combinatie van bodemtype en landgebruik binnen een bepaalde ruimtelijke eenheid, in dit geval binnen een stroomgebied.

De indeling in hydrotopen heeft voor deze studie het bezwaar dat de pixels van een bepaalde hydrotoop verspreid kunnen liggen binnen een stroomgebied. Dat gaat ten koste van de nauwkeurigheid waarmee het transport van gewassen naar de voercentra kan worden gemodelleerd. Om dit bezwaar te ondervangen is er een verfijning gemaakt aan de hand van het transportgrid uit Bijlage 1. Dat grid heeft een roosterafstand van 5 km. De 5x5 km hokken rondom de roosterpunten zijn gebruikt als 'patatsnijder' van de STONE hydrotopen, resulterend in zogenaamde gridhydrotopen, waarvan er 8668 zijn in het studiegebied.

Een overzicht van het huidige landgebruik is weergegeven in *Figuur 3.4*.



Figuur 3.4 Huidig grondgebruik in het studiegebied

Voor zowel het huidige grondgebruik als het grondgebruik dat ruimtelijk is geoptimaliseerd met het modelinstrumentarium Waterwijs zijn met het STONE modelinstrumentarium berekeningen gemaakt voor de af- en uitspoeling van stikstof en fosfor naar het oppervlaktewater. Het instrumentarium STONE is ontwikkeld voor vraagstukken op het landelijk schaalniveau. Om dit instrumentarium toe te kunnen passen op het schaalniveau van de Peel zijn de ruimtelijke eenheden van STONE aangepast van 250*250 meter naar 25*25 meter (zie voor nadere uitleg ook Bijlage 3).

4 Resultaten

4.1 Invloed van grondgebruiksverandering op nutriëntenvrachten

Voor het huidig grondgebruik (uitgangssituatie) zijn met de modellen STONE en Waterwijs de stikstof- en fosforuitspoeling berekend. De resultaten van de uitgangssituatie zijn weergegeven in *Tabel 4.1* en 4.2. De rekenresultaten zijn weergegeven voor de uitstroompunten van de verschillende deelgebieden van de Peel, zoals weergegeven in Hoofdstuk 3 (*figuur 3.3* en *tabel 3.1*). De berekende stikstof- en fosforconcentraties zijn weergegeven als totaal-stikstof en totaal-fosfor, vergelijkbaar met hoe waterbeheerder de waterkwaliteit monitoren, en weergegeven per herkomst van bronnen. In deze studie onderscheiden we de bronnen emissies vanuit landbouwgronden, rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's), de verschillende posten uit de emissieregistratie (industriële lozingen, atmosferische depositie, overige bronnen en landbouw overig) en stikstof- en fosforimport van buiten het gebied de Peel.

Uit *Tabel 4.1* en 4.2 blijkt dat voor vier van de vijf uitstroompunten de RWZI's verantwoordelijk zijn voor de grootste bijdrage van de nutriëntenbelasting in de Peel. Emissies vanuit landbouwgronden leveren maar een beperkte bijdrage aan de totale belasting van nutriënten op het oppervlaktewater. Dit wil echter niet zeggen dat de bijdrage vanuit de landbouw onbelangrijk is. De uitspoeling vanuit landbouwgronden begint in de meeste gevallen bij de haarvaten van het oppervlaktewatersysteem, waardoor in termen van waterlooptenue er een veel grotere invloed is dan de andere bronnen. Bij de bepaling van de effecten van omzetten van grondgebruik wordt hier verder geen rekening mee gehouden, maar worden de effecten uitgedrukt in termen van verandering van de nutriëntenconcentraties op de vijf uitstroompunten in de Peel.

Tabel 4.1

*Berekende stikstofconcentraties (in mg.l^{-1} N) bij de uitstroompunten van de verschillende deelgebieden (zie *figuur 3.3*) voor de uitgangssituatie (huidig landgebruik)*

Uitstroompunt (j)	Landbouw (mg.l^{-1} N)	RWZI (mg.l^{-1} N)	Emissieregistratie (mg.l^{-1} N)	Import (mg.l^{-1} N)	Totaal (mg.l^{-1} N)
360	0,48	3,63	0,55	1,75	6,41
361	1,53	2,22	0,87	0	4,62
386	2,15	2,51	2,16	0	6,82
421	0,89	2,09	0,84	0	3,83
431	2,16	0	1,34	1,62	5,13

Tabel 4.2

*Berekende fosforconcentraties (in mg.l^{-1} P) bij de uitstroompunten van de verschillende deelgebieden (zie *figuur 3.3*) voor de uitgangssituatie (huidig landgebruik)*

Uitstroompunt (j)	Landbouw (mg.l^{-1} P)	RWZI (mg.l^{-1} P)	Emissieregistratie (mg.l^{-1} P)	Import (mg.l^{-1} P)	Totaal (mg.l^{-1} P)
360	0,029	0,305	0,033	0,106	0,473
361	0,085	0,567	0,086	0	0,737
386	0,125	0,392	0,119	0	0,636
421	0,050	0,466	0,042	0	0,558
431	0,141	0	0,083	0,111	0,335

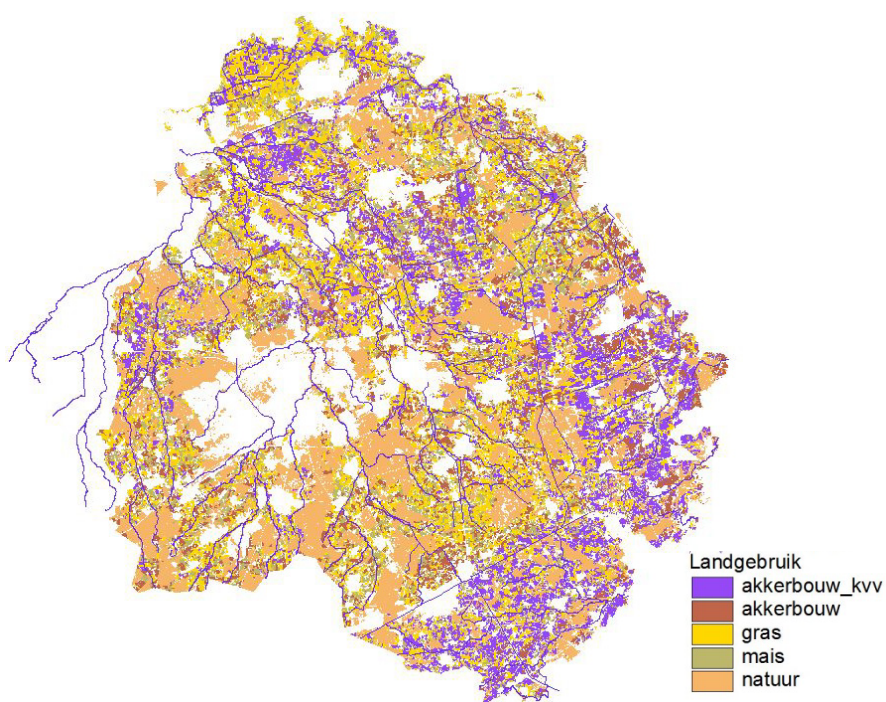
De voorbeeldberekeningen zijn gedaan voor het scenario van 40% standaardvoer en 60% regionaal geteeld (kracht)voer, zogenaamd variant S40R60 (Cormont e.a. 2013). In dit scenario wordt 60% van

het benodigde krachtvoer binnen de regio de Peel geteeld. De overige 40% wordt aangevoerd op de gebruikelijke wijze. De bij dit scenario horende landgebruikstotalen zijn weergegeven in *Tabel 4.3*. De landgebruikstotalen van scenario S40R60 zijn als randvoorwaarde gebruikt voor een berekening met de modellen STONE en Waterwijs, waarbij de optelsom van de uitspoeling van stikstof- en fosforconcentraties is geminimaliseerd. Het berekend landgebruikspatroon is weergegeven in *Figuur 4.1*, en de berekende concentraties voor de uitstroompunten in *Tabel 4.3*, aangeduid met het toevoegsel 'min'. Daaruit blijkt dat de omzetting van het landgebruik, in samenhang met de ruimtelijke optimalisatie van het landgebruik, de nutriëntenbelasting vanuit de landbouw met 10-20% kan terugdringen. De vraag is aan de orde wat hierbij de rol van de optimalisering is geweest. Om dat te onderzoeken is er tevens een rekenrun gedaan waarbij de concentraties zijn gemaximaliseerd (*Figuur 4.2*). Op die manier is de gevoeligheid en de speelruimte van het model zichtbaar gemaakt. De resultaten zijn in *Tabel 4.4* en *4.5* opgenomen met als toevoegsel 'max'. Het blijkt dat de 'worst case' van omzetting van landgebruik leidt tot een toename van de nutriëntenconcentraties met 10-20%.

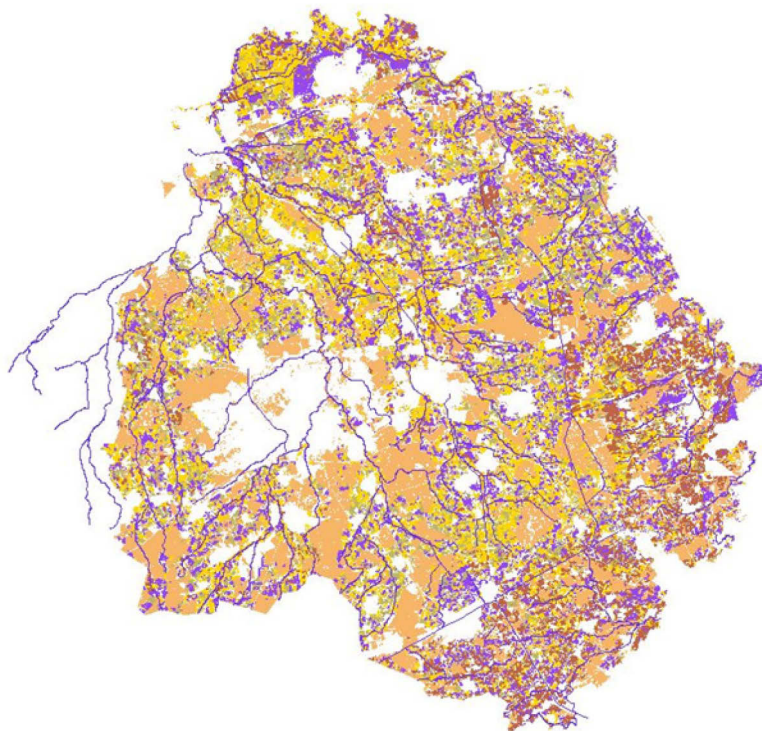
Tabel 4.3

Landgebruikstotalen in de huidige situatie en in scenario S40R60 (Cormont e.a. 2013)

Landgebruik	Huidig (ha)	S40R60 (ha)
natuur	73285	73285
gras	61776	55764
mais	41767	30484
akkerbouw	52624	27888
akkerbouw_kvv	0	42032
totaal	229452	229452



Figuur 4.1 Berekend grondgebruik in het studiegebied voor het scenario S40R60, bij **minimalisatie** van de nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater



Figuur 4.2 Berekend grondgebruik in het studiegebied voor het scenario S40R60, bij **maximalisatie** van de nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater

Tabel 4.4

Berekende stikstofconcentraties (in $\text{mg.l}^{-1} \text{ N}$) bij de uitstroompunten voor het scenario S40R60, voor het aandeel van de landbouw. Verklaring van de symbolen: N – stikstofconcentratie, N_{rel} – relatieve stikstofconcentratie ten opzichte berekening voor huidig grondgebruik (toevoegsel ref). De toevoegsels 'min' en 'max' geven respectievelijk aan dat de stikstofconcentraties zijn geminimaliseerd of gemaximaliseerd

Uitstroompunt (j)	N_{min} ($\text{mg.l}^{-1} \text{ N}$)	N_{max} ($\text{mg.l}^{-1} \text{ N}$)	N_{ref} ($\text{mg.l}^{-1} \text{ N}$)	$N_{\text{rel,min}}$ (-)	$N_{\text{rel,max}}$ (-)
360	0,43	0,49	0,48	0,90	1,03
361	1,28	1,87	1,53	0,84	1,23
386	1,78	2,41	2,15	0,83	1,12
421	0,78	1,42	0,89	0,87	1,59
431	1,72	2,71	2,16	0,80	1,25

Tabel 4.5

Berekende fosforconcentraties (in $\text{mg.l}^{-1} \text{ P}$) bij de uitstroompunten voor het scenario S40R60, voor het aandeel van de landbouw. Verklaring van de symbolen: P – fosforconcentratie, P_{rel} – relatieve fosforconcentratie ten opzichte berekening voor huidig grondgebruik (toevoegsel ref). De toevoegsels 'min' en 'max' geven respectievelijk aan dat de fosforconcentraties zijn geminimaliseerd of gemaximaliseerd

Uitstroompunt (j)	P_{min} ($\text{mg.l}^{-1} \text{ P}$)	P_{max} ($\text{mg.l}^{-1} \text{ P}$)	P_{ref} ($\text{mg.l}^{-1} \text{ P}$)	$P_{\text{rel,min}}$ (-)	$P_{\text{rel,max}}$ (-)
360	0,023	0,028	0,029	0,82	0,99
361	0,081	0,121	0,085	0,96	1,43
386	0,099	0,135	0,125	0,79	1,08
421	0,048	0,076	0,050	0,96	1,51
431	0,113	0,163	0,141	0,80	1,16

Nadere analyse van de resultaten laat zien dat in het scenario waarbij maximalisatie van de uitspoeling van nutriënten naar het oppervlaktewater optreedt krachtvoer (akkerbouw_kv) wordt geteeld, na ruimtelijke optimalisatie, op locaties waar in de uitgangssituatie grasland werd verbouwd. Het betreft in de meeste gevallen grasland op relatief natte gronden (grondwatertrap III). De gekozen krachtvoervervangers hebben een hoger stikstof- en fosforoverschot ten opzichte van de graslanden, waardoor de uitspoeling in die situatie toeneemt. Omgekeerd wordt in het scenario waarbij minimalisatie van de uitspoeling van nutriënten naar het oppervlaktewater optreedt de locatie waar regionale krachtvoer wordt geteeld met name gevonden op de drogere locaties waar in de uitgangssituatie (de oorspronkelijke situatie) vooral akkerbouw en maïs wordt geteeld.

4.2 Optimalisering van locaties voercentra en transportstromen

Met het model is een aantal reeksen berekeningen gedaan waarbij het aantal en de locaties van voercentra zijn geoptimaliseerd. Daarbij zijn de verlaagde concentraties van stikstof en fosfor berekend voor het scenario S40R60 als randvoorwaarde gebruikt (zie paragraaf 4.1). Een overzicht van de productie van voer (gewassen) en voermix (rantsoenen) voor het scenario S40R60 is opgenomen in *Tabel 4.6*. De vraag van de voermix is gekoppeld aan het aantal koeien. Het totale aantal koeien in de Peel is gesteld op 151 000, zodat de afname ("afvoer") van de voermix uitkomt op 16,4 T/koe/jr (2,48 miljoen ton/151000 koeien). De beschikbare informatie over het aantal koeien in het gebied is in het rekenmodel geclusterd per knooppunt van het transportgrid.

Tabel 4.6

Overzichtstabel van leverantie aan voercentra ("aanvoer") en levering aan melkveehouders ("afvoer")

Grondgebruik	Areaal (ha)	Opbrengst (T/ha/jr)	Opbrengst voor totaal areaal (M T/jr)	Fractie van opbrengst dat in voercentrum komt (-)	Aanvoer naar voercentrum (M T/jr)	Verdeling aanvoer per type grondgebruik (%)	Fractie van hoeveelheid veevoer in voercentrum dat wordt afgevoerd	Afvoer van voercentrum naar melkveehouders (M T/jr)	Verdeling afvoer per type grondgebruik (%)
gras	55764	26,7	1,49	0,75	1,12	41	0,9	1,00	40
mais	30484	45,5	1,39	1	1,39	51	0,9	1,25	50
a_kv	42032	5,4	0,23	1	0,23	8	1	0,23	10
totaal	128279		3,10		2,73	100		2,48	100

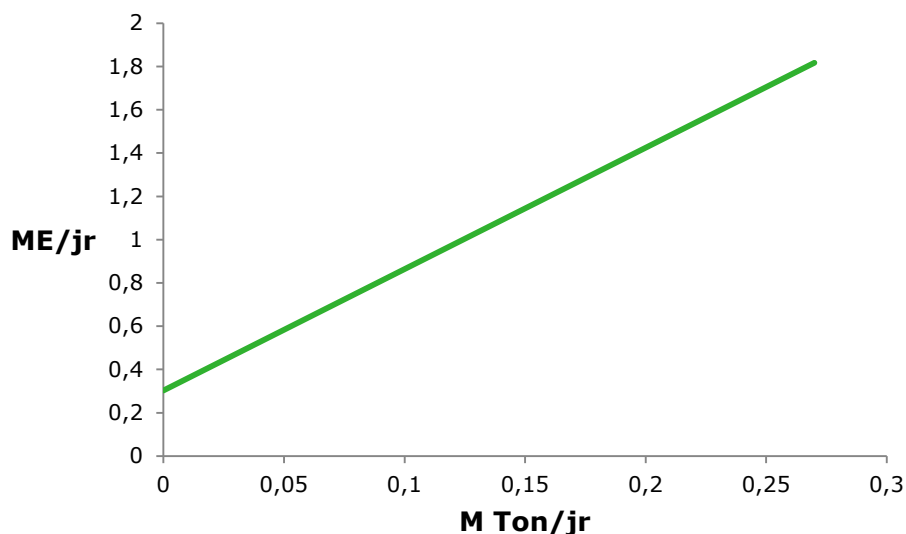
De kosten van het laten functioneren van de voercentra zijn opgesplitst in:

- kosten van transport naar/van de voercentra; de gebruikte parameters zijn opgenomen in *Tabel 4.7*;
- kosten van de voercentra zelf; de kostenfunctie bevat een opstart term en een term die evenredig is met de capaciteit, zoals weergegeven in *Figuur 4.3* De kosten betreffen bouwblok, voeropslag, machines, kantoor en personeelskosten.

Tabel 4.7

Transportkostenparameters van voermix bestanddelen

Parameter	gras	mais	akkerbouw_kv	voermix
costctrvu (€/T/km)	0,09	0,06	0,109	-
costctvm (€/T/km)	-	-	-	0,109



Figuur 4.3 Totale kosten van voercentra in relatie tot de capaciteit voor de levering van voermix. In de berekeningen is, indien nodig, de relatie geëxtrapoleerd

De eerste reeks van berekeningen is gedaan met een oplopend aantal voercentra, onder de aanname dat alle boeren in het gebied gaan meedoen; per rekenrun is het totale aantal centra als randvoorwaarde gespecificeerd, en vervolgens heeft het model Waterwijs gezocht naar de optimale configuratie. De geaggregeerde rekenresultaten zijn opgesomd in Tabel 4.8. Het blijkt dat met een 9 tal centra de totale kosten het laagste zijn. Ten opzichte van de variant met slechts een enkel centrum zijn de kosten voor 9 centra circa een kwart lager. Het blijkt dat er een breed optimum is van het aantal centra: tussen 5 en 13 centra zijn de totale kosten binnen 2% van de optimale waarde (Figuur 4.4). De locaties en de bijbehorende transportstromen zijn weergegeven in Figuur 4.5.

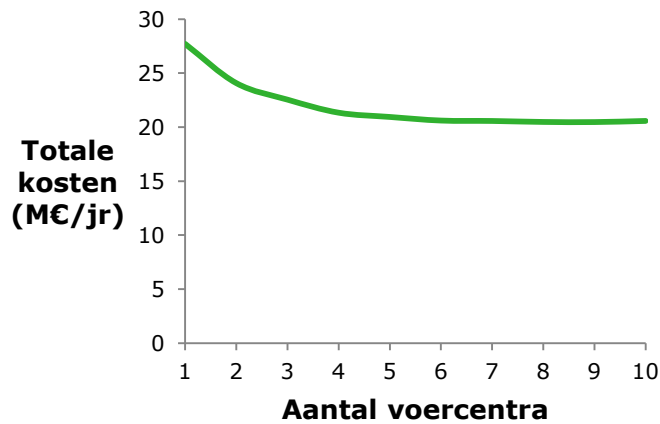
Tabel 4.8

Rekenresultaten voor een oplopend aantal voercentra

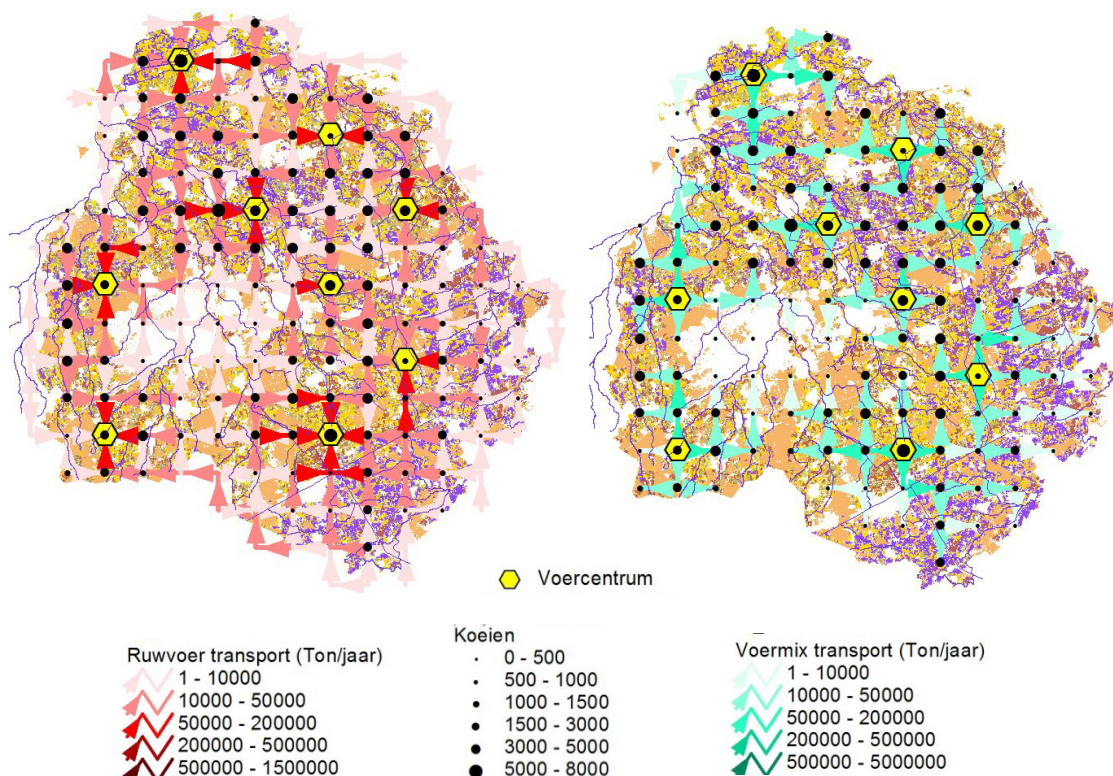
Aantal centra	Capaciteit (M ton/jaar)		Gemiddelde afstand (km)		Kosten (E/jaar)			Totaal
	Aanvoer	Afvoer	Aanvoer	Afvoer	Voyercentra	Aanvoer	Afvoer	
1	2,73	2,48	29,1	27,4	14,21	6,09	7,41	27,71
2	2,73	2,48	20,7	19,6	14,45	4,32	5,31	24,08
3	2,73	2,48	17,2	15,6	14,69	3,63	4,23	22,55
4	2,73	2,48	14,0	12,7	14,93	2,97	3,43	21,34
5	2,73	2,48	12,7	11,4	15,18	2,69	3,08	20,94
6	2,73	2,48	11,4	10,2	15,42	2,43	2,76	20,61
7	2,73	2,48	10,8	9,7	15,66	2,29	2,62	20,57
8	2,73	2,48	10,0	9,0	15,90	2,14	2,44	20,48
9	2,73	2,48	9,7	8,3	16,14	2,07	2,26	20,47
10	2,73	2,48	9,2	8,2	16,39	1,97	2,22	20,57

Bij een gering aantal voercentra zijn weliswaar de kosten van alle voercentra samen lager dan bij veel voercentra, echter daar staat tegenover dat de transport kosten hoger zijn door een grotere afstand tot de akkerbouw- en melkveebedrijven. Bij slechts één voercentrum is de gemiddelde afstand tot het voercentrum voor de aanvoer van gewassen 29,1 km en voor de afvoer van de voermix 27,4 km. Dit

geeft hoge transportkosten. Het gaat in deze berekeningen om zeer grote voercentra, namelijk oplopend tot een omzet van ruim 2 miljoen ton product voor ruim 150.000 koeien, inclusief jongvee. In de geoptimaliseerde situatie zijn de totale kosten van het voercentrum en transport ruim 20 miljoen euro. Dit is € 1,60 per 100 kg melk voor de deelnemende melkveehouders. Deze extra kosten moeten (deels) gecompenseerd worden door goedkopere regionale krachtvoervervangers ten opzichte van krachtvoeraankoop via de mengvoerindustrie. Voor het melkveebedrijf is ook een besparing mogelijk voor voeropslag en het voeren (mechanisatie en arbeid).



Figuur 4.4 Totale kosten van voedervoorziening in relatie tot het aantal voercentra



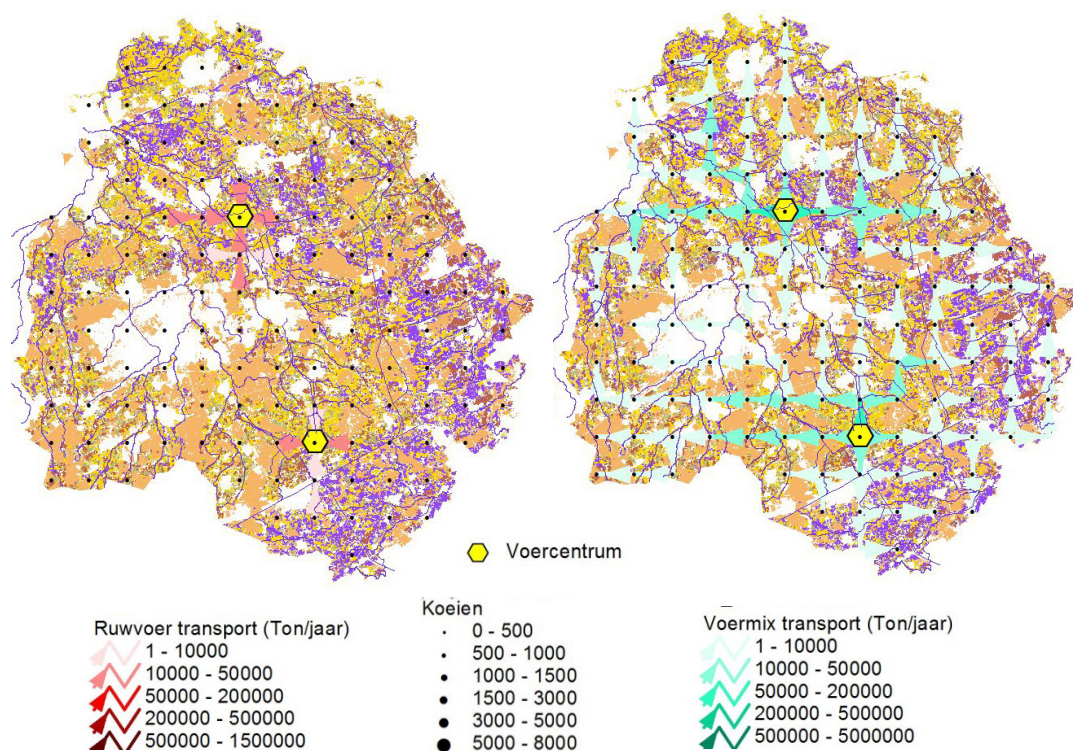
Figuur 4.5 Geoptimaliseerde configuratie van voercentra, met uitgebeeld de transporten van ruwvoer (links) en voermix (rechts) door het transportgrid

De aanname dat alle boeren mee zullen doen zal in de praktijk niet reëel zijn, zeker niet op de wat kortere termijn. Daarom is een aantal rekenruns gedaan met 10% deelname van de boeren. Die 10% is op verschillende manieren ingevuld:

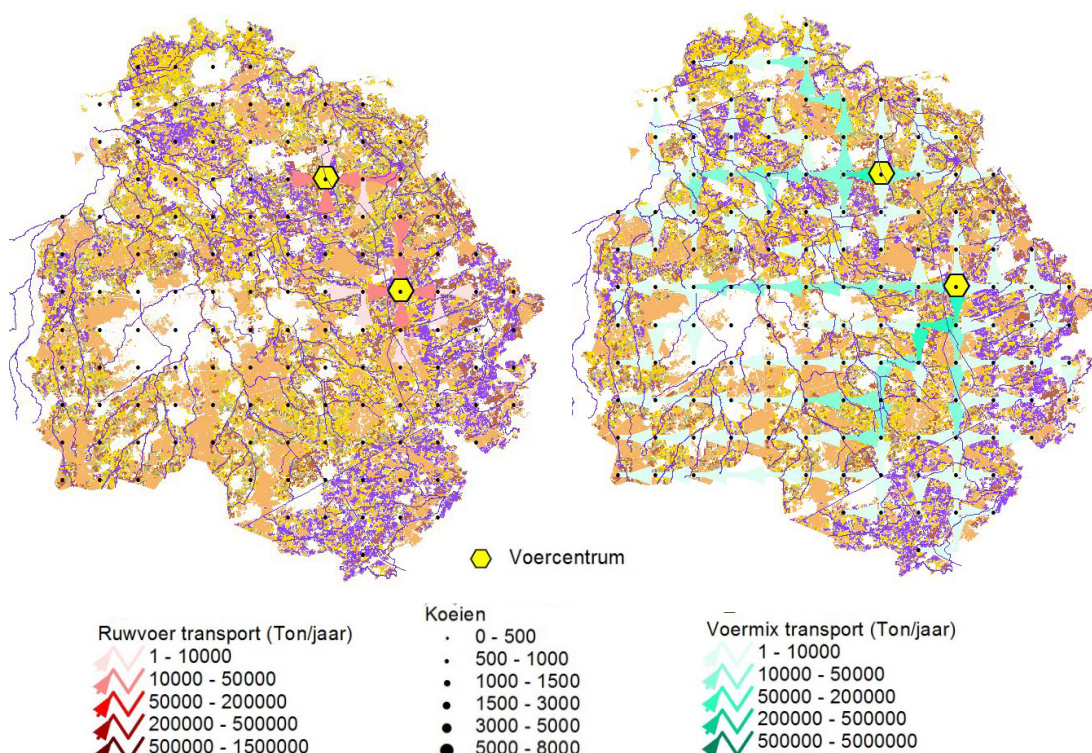
1. alle aantallen koeien met 0,1 vermenigvuldigen;
2. selectie van de locaties met in totaal 5% van de koeien, en verdubbeling van de aantallen tot in totaal 10%, vanuit het idee dat de regio's met veel koeien nog verder zullen doorgroeien. En vooral deze melkveehouders hebben interesse in een voercentrum, omdat dan de transportafstand relatief beperkt is als tevens het voercentrum dichtbij is;
3. het per 'toevalsfactor' selecteren van 10% van de koeien, vanuit het idee dat een regionaal voercentrum voor elke regio en type melkveehouder aantrekkelijk kan zijn.

Een andere mogelijke ontwikkeling waar rekening mee wordt gehouden is dat er een concentratie van landbouw-gerelateerde bedrijvigheid gaat plaatsvinden langs de zogenaamde Agro-as. Dat zou in de praktijk kunnen betekenen dat afgeweken wordt van de locaties die optimaal zijn. De eerste twee runs van bovenstaande lijst zijn daarom zonder en met het Agro-as scenario ingevuld, waarbij is aangenomen dat het om twee locaties zou gaan. Deze locaties worden in Waterwijs als 'verplichte keuzes' opgelegd. Dat laat wel de mogelijkheid open om nog extra locaties te kiezen. Dus de rekenruns met het Agro-as scenario hebben als uitkomst minimaal twee voercentra, maar het kunnen er ook meer zijn.

De ruimtelijke configuraties van voercentra en transportstromen voor de runs met 10% koeien zonder/met Agro-as locaties zijn weergegeven in *Figuur 4.6* en *Figuur 4.7*. Het gaat om twee voercentra voor totaal circa 15000 koeien.



Figuur 4.6 Geoptimaliseerde configuratie van voercentra voor een scenario waarin 10% van de bedrijven meedoen, met uitbeeld de transporten van ruwvoer door het transportgrid



Figuur 4.7 Geoptimaliseerde configuratie van voercentra voor een scenario waarin 10% van de bedrijven meedoen, met uitbeeld de transporten van ruwvoer door het transportgrid. In deze situatie zijn de voercentra bewust langs de Agro-as op de Middenpeelweg geplaatst

Tabel 4.9

Rekenresultaten voor een 4-tal varianten met 10% van het aantal koeien. De runs met "koeien*0,1" zijn gedaan met per roosterpunt van het transportgrid het aantal koeien gereduceerd tot 10% van het huidige aantal. De runs met "Top 5%, X 2" zijn gedaan voor de roosterpunten met de meeste koeien, met 5% van het totaal; vervolgens zijn de aantallen verdubbeld in verband met de verwachte uitbreiding. De runs met "*" in de kolom "Agro-as" zijn met als extra randvoorwaarde dat de voercentra op van tevoren vastgelegde locaties op de Agro-as liggen

Omschrijving	Agro-as	Aantal centra	Capaciteit (M ton/jaar)		Gemiddelde afstand (km)		Kosten (E/jaar)			
			Aanvoer	Afvoer	Aanvoer	Afvoer		Voercentra	Aanvoer	Afvoer
Koeien * 0,1		2	0,27	0,25	4,5	19,6	1,88	0,09	0,53	2,50
Koeien * 0,1	*	2	0,27	0,25	5,3	25,0	1,88	0,11	0,68	2,67
Top 5% * 2		2	0,27	0,25	3,8	0,0	1,88	0,08	0,00	1,96
Top 5% * 2	*	4	0,27	0,25	3,6	0,7	2,36	0,08	0,02	2,46

Uit het overzicht van kosten in *Tabel 4.9* blijkt dat bij de runs met 10% koeien (overal doen de boeren maar voor 10% mee) de kosten als gevolg van het vastleggen van de voercentra-locaties op de Agro-as de totale kosten met ca. 7% stijgen.

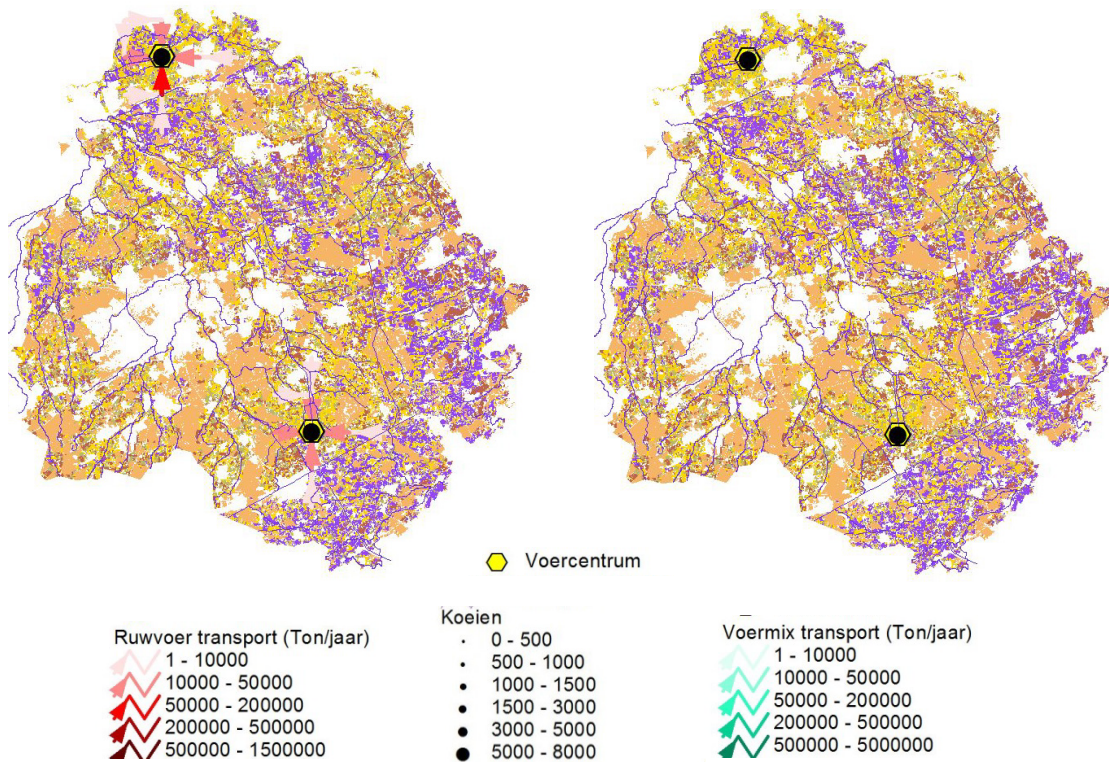
De ruimtelijke configuraties van voercentra en transportstromen voor de runs met 10% koeien op twee 'top' locaties die in de huidige situatie 5% van de koeien herbergen en die in aantal zouden gaan verdubbelen, zonder/met Agro-as locaties zijn weergegeven in *Figuur 4.8* en *Figuur 4.9*. In het eerste geval is er geen transport van de voermix nodig, want de voercentra worden door de optimalisering geplaatst op de roosterpunten met de concentratie-locaties van koeien. De transportkosten voor afvoer van de voermix zijn dus nihil. De totale kosten dalen met ruim 20%. Indien de extra randvoorwaarde van de Agro-as wordt opgelegd, dan is dat sterk kostenverhogend in dit geval, namelijk met een kwart, vanwege de afstand voor de levering van de voermix vanuit de Agro-as centra naar de 'top' locaties met de koeien. Daarom kist het model voor twee extra centra en worden de centra op de Agro-as in deze variant marginaal benut, en zijn niet veel meer dan een extra kostenpost. Beter zou zijn om de koeien dan ook te concentreren langs de Agro-as om op die manier de transportafstanden te beperken.

Tenslotte is een reeks scenario's doorgerekend waarbij een 'toevalsgenerator' de locaties heeft aangewezen van boeren die meedoen. Daarbij zijn bij het maken van een scenario roosterpunten gekozen totdat 10% van het aantal koeien was bereikt. Een voorbeeld van een geoptimaliseerde ruimtelijke configuratie van voercentra en transportstromen is opgenomen in *Figuur 4.10*. Een overzicht van de kostenparameters is weergegeven in *Tabel 4.10*. Daaruit blijkt onder meer dat de totale kosten een variatie vertonen van maximaal 4%.

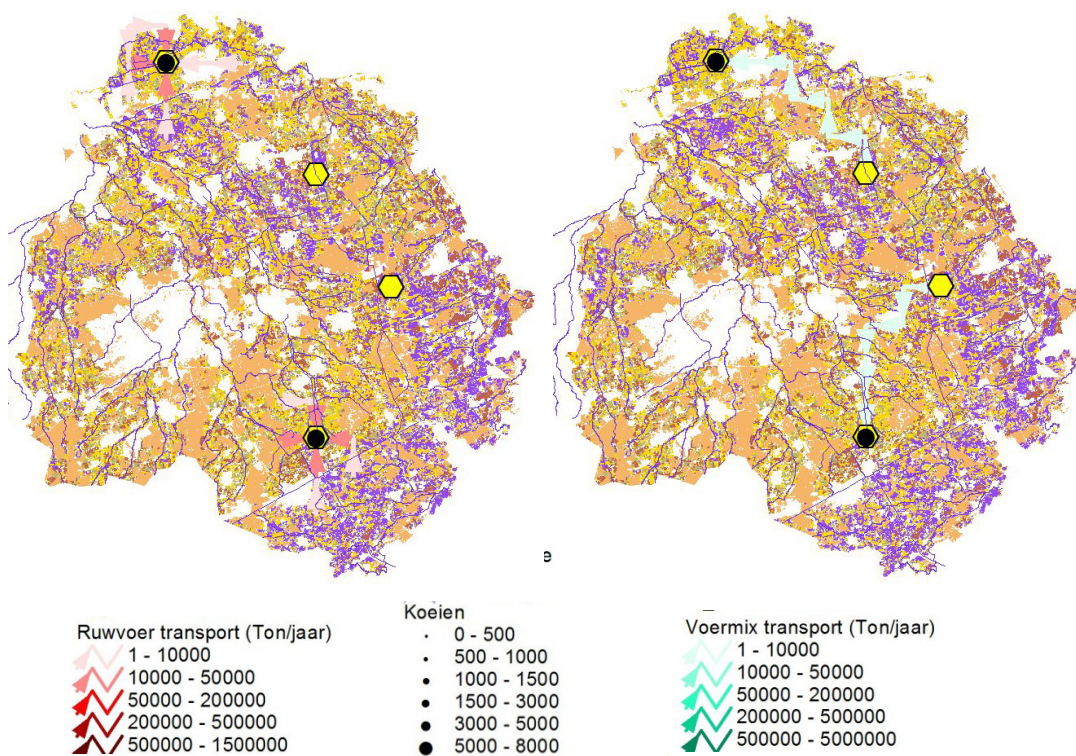
Tabel 4.10

Rekenresultaten van varianten met 10% van het huidige aantal koeien dat meedoet, aangewezen door een toevalsgenerator

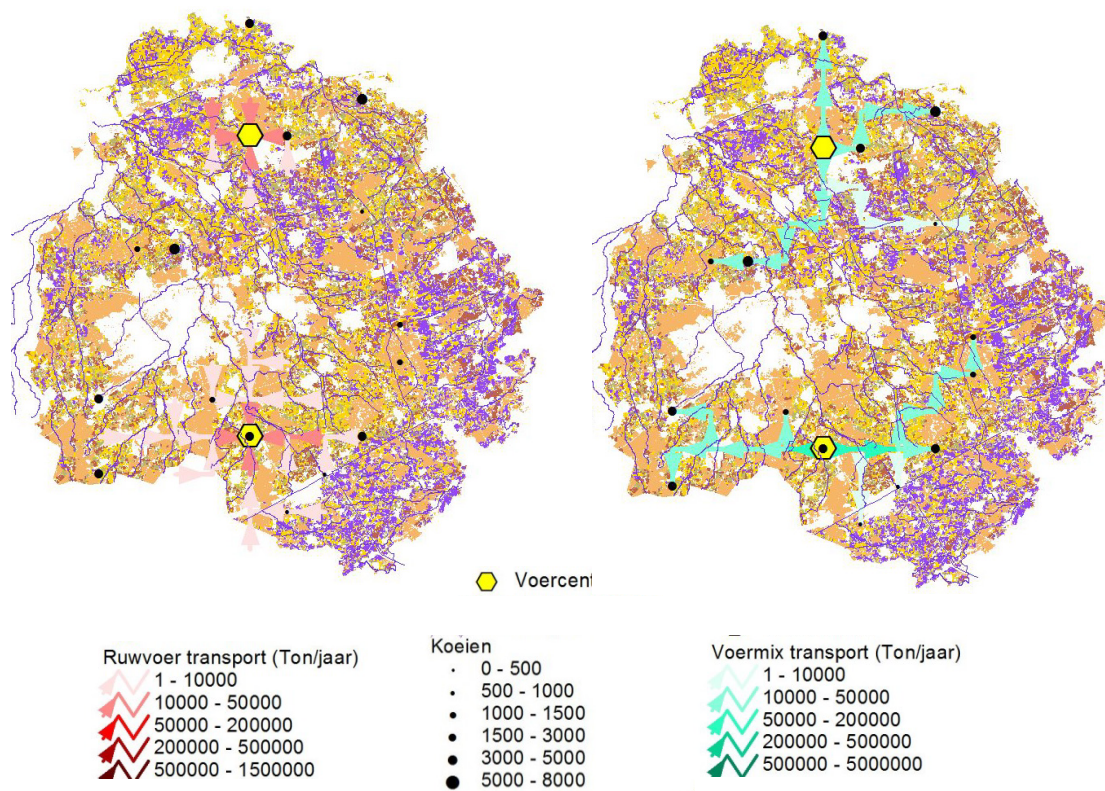
Run	Aantal centra	Capaciteit (M ton/jaar)		Gemiddelde afstand (km)		Kosten (E/jaar)			
		Aanvoer	Afvoer	Aanvoer	Afvoer	Voercentra	Aanvoer	Afvoer	Totaal
1	2	0,27	0,25	5,1	14,0	1,88	0,11	0,38	2,37
2	2	0,27	0,25	4,2	17,5	1,88	0,09	0,47	2,44
3	2	0,27	0,25	4,8	18,0	1,88	0,10	0,49	2,47
4	2	0,27	0,25	4,7	20,2	1,88	0,10	0,55	2,53
5	1	0,27	0,25	7,9	22,6	1,64	0,17	0,61	2,42
6	2	0,27	0,25	6,8	14,8	1,88	0,14	0,40	2,42
7	2	0,27	0,25	5,5	16,8	1,88	0,12	0,45	2,45
8	2	0,27	0,25	5,2	14,7	1,88	0,11	0,40	2,39
9	2	0,27	0,25	5,5	18,8	1,88	0,12	0,51	2,51
10	1	0,27	0,25	7,3	20,1	1,64	0,15	0,54	2,33
gem.	1,8	0,27	0,25	5,7	17,7	1,83	0,12	0,48	2,43



Figuur 4.8 Geoptimaliseerde configuratie van voercentra voor een scenario concentratie van 10% van de koeien op twee locaties



Figuur 4.9 Geoptimaliseerde configuratie van voercentra voor een scenario concentratie van 10% van de koeien op twee locaties, met als additionele randvoorwaarde dat er twee locaties op de Agro-as komen



Figuur 4.10 Voorbeeld van een geoptimaliseerde configuratie van voercentra voor een scenario concentratie van 10% van de koeien op locaties aangewezen door een toevalsgenerator (run 9 van Tabel 4.10)

5 Conclusies en aanbevelingen

1. Door 60% van het krachtvoer regionaal te telen in de Peel en het landgebruik af te stemmen op bodem en grondwater, kan de nutriëntenbelasting vanuit de landbouw met 10 tot 20% teruggedrongen worden. Deze conclusie kan worden getrokken op basis van berekeningen met model Waterwijs. Dit model is daarmee een nuttig instrument gebleken voor ruimtelijke optimalisatie met een milieudoelstelling.
2. Regionale voercentra kunnen een rol spelen in het professionaliseren van de samenwerking tussen akkerbouwers die voer telen en melkveehouders die dit afnemen. Deze rol betreft het leveren van diensten door regionaal geteeld voer centraal op te slaan en te verwerken tot verschillende rantsoenen en af te leveren aan de melkveebedrijven.
3. De extra kosten van een regionaal voercentrum, die ontstaan door extra kosten van transport en algemene kosten van het voercentrum zelf, kunnen beperkt worden door een optimale locatie te kiezen in combinatie met een optimaal aantal voercentra. Bij een klein aantal voercentra nemen de transportkosten toe en bij een groot aantal voercentra worden de opgetelde algemene kosten hoog. Wanneer het aantal en de locatie van regionale voercentra geoptimaliseerd wordt, leidt dit tot ca. €1,60 aan extra kosten per 100 kg melk.
4. Wanneer alle melkveebedrijven in de Peel met een totaal van ruim 150000 koeien zouden deelnemen aan een voercentrum en al het regionaal geteelde voer (60% van alle krachtvoer) hier verwerkt wordt, leidt een breed optimum van 5 tot 13 centra tot de laagste totale kosten.
5. Wanneer 10% van de bedrijven deelnemen aan een regionaal voercentrum is het optimale aantal voercentra twee.
6. Wanneer de voercentra gelokaliseerd worden op locaties met een hoge dichtheid aan melkvee, namelijk in de buurt van de bedrijven met de top 5% van het aantal koeien in de regio, dan zijn de transportkosten voor afvoer van de voermix nihil. Door uit te gaan van deze locaties met een verdubbeling van het aantal koeien dalen de totale kosten met ruim 20%.
7. Hoewel niet bestudeerd, schatten wij in dat toevoeging van mestcentra een verdere regionale optimalisatie mogelijk maakt.

Aanbevelingen

Het is de moeite waard de optimalisatie van het landgebruik en het professionaliseren van de samenwerking tussen telers van voer en afnemers van rantsoenen op gebiedsniveau verder te verkennen voor de Peel en andere regio's in Nederland of internationaal, door meer in te spelen op en rekening te houden met:

- De wens van grondgebonden melkveehouderij
- De wens van het regionaal sluiten van voer- en meststromen
- Verdergaande schaalvergroting
- Technische ontwikkelingen rond nieuwe teelten, diversificatie van mestsoorten (organisch) en precisielandbouw
- Kansen voor samenwerking, maar tevens de vrijheid van ondernemerschap
- Effect van de juiste teelt op de juiste locatie met de juiste mestsoort op milieu en economie
- Optimaliseren van zowel voer- als meststromen met voer- en mestcentra als tussenschakel
- Optimaliseren van de locaties van vee, voer- en mestcentra vanuit een Agro-as

Literatuur

- Boekel, E.M.P.M. van, P. Bogaart, L.P.A. van Gerven, T. van Hattum, R.A.L. Kselik, H.T.L. Massop, H.M. Mulder, P.E.V. van Walsum en F.J.E. van der Bolt, 2012. *Evaluatie Landbouw en KRW. Evaluatie meststoffenwet 2012: deelrapport ex post*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2326.
- Boekel, E.M.P.M. van, P.N.M. Schipper, R.F.A. Hendriks, H.T.L. Massop, H.M. Mulder en J. Roelsma, 2013. Herkomst nutriëntenbelasting afvoergebieden HDSR, pilotstudie ECHO: Regionale bronnenanalyse nutriëntenbelasting: Keulevaart, Eiland van Schalkwijk, Langbroekerwetering en Zegveld. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2408. 108 blz.; 36 fig.; 61 tab.; 35 ref.
- Comont, A., C.A. van Diepen, P.J. Galama, M.J.D. Hack-ten Broeke, J. Roelsma, N. Uiterwijk en R.L.G. Zom, 2013. Clustering van voerstroom in de Peel; case study duurzaam landgebruik en prestatie-indicatoren. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2456.
- Galama, P.J., R.L.G. Zom. Gevolgen en perspectief van regionaal voercentrum voor de melkveehouderij. Een voorstudie naar milieu en maatschappelijke effecten in opdracht van de Provincie Utrecht. Wageningen UR Livestock Research rapport 311.
- Van Walsum, P.E.V., J.F.M. Helming, E.P.A.G. Schouwenberg, L.C.P.M. Stuyt, C.J.A.M. de Bont, P.H. Vereijken, C. Kwakernaak, P.J.T. van Bakel, L.C. van Staalduinen, P. Groenendijk, K.W. Ypma. 2002. Waterwijs. Plannen met water op regionale schaal. Alterra-rapport 433, Wageningen. <http://webdocs.alterra.wur.nl/waterwijs/Waterwijs.pdf>

Bijlage 1 Waterwijsmodel met voercentra

1. Inleiding

De modeluitbreiding met voercentra is gericht op het vinden van de meest economische en duurzame manier om aan de regionale vraag naar veevoer te voldoen. Daarbij wordt het model inhoudelijk ingekaderd door de volgende randvoorwaarden:

- het totale aanbod van regionaal geteelde ruwvoer en krachtvoervervangers;
- de totale vraag van veevoermix, en tevens de mate waarin die vraag wordt gedekt door import van buiten het gebied;
- de lokale voermix-vraag van de melkveehouders

Deze randvoorwaarden zijn gekoppeld aan de keuze van het scenario (Cormont e.a. 2013).

Het model wordt uitgebreid met de volgende endogene beslisvariabelen:

- locaties van voercentra en hun capaciteit, met bijbehorende kwantificering van kosten; investeringskosten worden omgerekend naar jaarlijks terugkerende kosten en opgeteld bij de jaarlijkse kosten van de bedrijfsvoering;
- transport van ruwvoer en krachtvoervervangers naar de voercentra met bijbehorende kosten;
- transport van de voermix naar de melkveehouders.

De kostenfunctie van een voercentrum is een tamelijk complexe zaak. Het modelmatig zo goed mogelijk representeren van die functie is een kritische succesfactor voor deze studie. De wiskundige formulering van de kostenfunctie moet met de volgende aspecten rekening kunnen houden. Om te beginnen zijn er 'opstartkosten' bij het vestigen van een centrum, waarbij tevens de capaciteit boven een bepaald minimumniveau moet uitstijgen voor een rendabele bedrijfsvoering. En als er bijvoorbeeld voor een uitbreiding extra personeel moet worden ingezet, dan zal er sprake zijn van een sprong in de kosten. Uitbreiding kan een schaalvoordeel opleveren, zodat de kosten per eenheid van uitbreiding zullen dalen. Maar uitbreiden kan niet onbeperkt:

- er zijn altijd beperkingen in het transportnetwerk rondom een centrum;
- de overlast voor de omgeving moet acceptabel blijven.

Voor het modelleren van de transportlogistiek wordt een geschematiseerd netwerk over het gebied gelegd. Daartoe wordt een rooster gebruikt dat ontstaat door het laten snijden van Zuid-Noord en West-Oost lijnen met b.v. een onderlinge afstand van 5 km. Er wordt een verband gelegd tussen de roosterpunten van het transportnetwerk en de ruimtelijke eenheden waarmee het landgebruik wordt gemodelleerd, de hydrotopen. Een hydrotoop bestaat uit een verzameling van kaartcellen met gelijksoortige fysische omstandigheden. Die kunnen echter meer dan 10 km uit elkaar liggen, wat niet strookt met de kaartcellen van 5 km van het modelmatige transportnetwerk. Daarom worden de hydrotopen verder onderverdeeld door het rooster van het transportnetwerk er als een 'patatsnijder' overheen te leggen. De ruimtelijke eenheden die zo ontstaan worden verder aangeduid als 'grid-hydrotopen'.

Iedere grid-hydrotoop wordt gekoppeld aan een roosterpunt. Een roosterpunt is ook een potentiële locatie voor een voercentrum. Het kan zijn dat een bepaalde locatie niet geschikt wordt gevonden op basis van overwegingen die niet in het model zitten. Dat kan via een extra randvoorwaarde worden ingebracht, bijvoorbeeld dat een centrum niet te dicht bij een dorp mag liggen.

De transportverbindingen in het geschematiseerde netwerk hebben een bepaalde maximale capaciteit als gevolg van beperkingen in het onderliggende wegennet. Er kunnen ook beperkingen voortkomen uit andere overwegingen, met name het beperken van overlast voor bewoonde kernen. Daarom zal het netwerk 'gaten' vertonen in bebouwde gebieden.

Per roosterpunt wordt in het model een balans bijgehouden van de aan- en afgevoerde ruwvoer en krachtvoervervangers, uitgesplit naar gras, mais, en akkerbouw_kvv. Een beslissing om ergens 'Akkerbouw_kvv' te implementeren zorgt voor een positieve balanstern. Transport kan plaatsvinden langs iedere toegestane verbindinglijn van het rooster. Een transport vanuit een roosterpunt zorgt voor een negatieve balanstern, een aanvoer ernaartoe voor een positieve. Aan het einde van de aanvoerketen staat een voercentrum; die zorgt voor een negatieve balanstern in het aanvoernetwerk. Het model zorgt ervoor dat de optelsom van alle balansternen in het aanvoernetwerk op nul uitkomt op ieder knooppunt.

Het model bevat randvoorwaarden die ervoor zorgen dat een bepaald voercentrum een TRM-rantsoen kan afleveren dat aan de veevoedernormen voldoet. Daarbij heeft model de vrijheid het gebruik van geïmporteerd krachtvoer per voercentrum te variëren, maar wel binnen de randvoorwaarde van de totale import die hoort bij het gekozen scenario. Zo wordt ervoor gezorgd dat de mix die een voercentrum verlaat aan de normen voldoet. In een toekomstige modeluitbreiding zou het tot stand komen van de juiste mix eventueel op het niveau van de individuele afnemers kunne worden gelegd.

Per roosterpunt wordt ook de balans bijgehouden van de in- en uitgaande hoeveelheid TMR-rantsoen dat wordt getransporteerd naar de afnemers, de melkveehouders. Het voercentrum zorgt voor een positieve term in het roosterpunt waar het is gelegen. Een afvoerlink zorgt voor een negatieve term, een aanvoerlink voor een positieve. Een afnemer zorgt voor een negatieve term. Die term mag variëren tussen nul en de potentiële waarde die volgt uit de bestaande locaties van afnemers. Het model zorgt ervoor dat de optelsom van alle balansternen in het afvoernetwerk op nul uitkomt op ieder knooppunt.

2. Modelvergelijkingen

Het transportnetwerk wordt beschreven met een rooster van Zuid-Noord en West-Oost lijnen dat het studiegebied geheel bedekt, met de knoppunten op de snijpunten van de lijnen en de trajecten tussen naastliggende knoppunten. De nummering van knoppunten en trajecten in relatie tot die van de roostercellen wordt beschreven in de inzetbox. Het rooster van het netwerk wordt ook gebruikt als een schematisering van de potentiële locaties van voercentra.

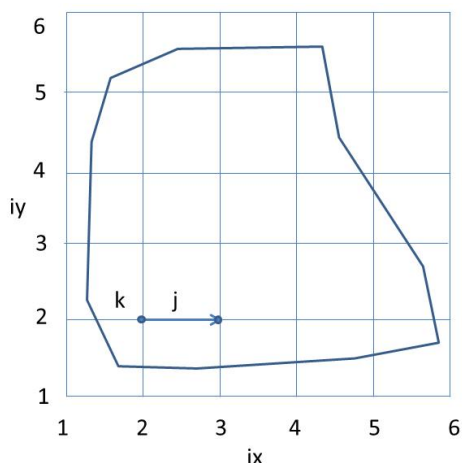


Fig. 1 Transportnetwerk met aanduiding van roostercoördinaten ix en iy , knooppunt nummer k , en trajectnummer j .

De beslissing om op een bepaalde locatie een voercentrum te realiseren wordt vertegenwoordigd door de beslisvariabele VC_k . Deze 'discrete' variabele is binair (0/1). Niet alle locaties zijn geschikt voor een voercentrum, en een deel van het rechthoekige rooster zal buiten het aandachtsgebied vallen. Het uitsluiten van niet-toegestane locaties gebeurt met zogenaamde bounds; dat zijn randvoorwaarden waar maar één enkele beslisvariabele in voorkomt. Dit soort randvoorwaarden kan ook gebruikt

worden om van te voren op te leggen waar een of meer van de voercentra moeten komen. Dat is voor bepaalde vraagstellingen relevant:

$$VC_k = vcbnd_k \quad (1)$$

voor knoppunten waar de opgelegde waarde $vcbnd_k$ is gespecificeerd, waarbij de waarde 0 of 1 kan zijn.

Sommige locaties zijn wel geschikt, maar de capaciteit wordt begrensd doordat de overlast voor de omgeving beperkt moet blijven. De geschiktheids- en de capaciteitsbeperking kunnen allebei via een bovengrens op de capaciteit wordt geïmplementeerd:

$$CVC_k \leq cvcmax_k \quad (2)$$

voor alle knoppunten, waarin CVC_k de verwerkingscapaciteit is van (bruto) aangeleverde producten, en $cvcmax_k$ de bovengrens is van de capaciteit op een bepaalde locatie. Voor ongeschikte of niet gewenste locaties wordt de bovengrens op nul gesteld.

Nummering van knoppunten en trajecten van het transportnetwerk

De roosterpunten van het transportnetwerk worden aangeduid met index combinaties (ix, iy) , met ix voor het nummer van de Z-N lijn, en iy voor de W-O lijn (Fig. 1).

De knoppunten op de roosterpunten worden genummerd volgens:

$$k = ix + (iy-1)*Nix, \text{ voor } ix=1, \dots, Nix \text{ en } iy=1, \dots, Niy$$

waarin k het nummer van het knooppunt is, Nix het aantal Z-N lijnen en Niy het aantal W-O lijnen.

Het totale aantal knoppunten Nik is gelijk aan $Nix*Niy$.

De trajecten tussen de knoppunten worden genummerd met het volgende systeem:

- W-O trajecten beginnend in knooppunt k : $j=k$, voor $ix=1, \dots, Nix-1$ en $iy=1, \dots, Niy$
- Z-N trajecten beginnend in knooppunt k : $j=k+Nik$, voor $ix=1, \dots, Nix$ en $iy=1, \dots, Niy-1$

De O-W trajecten hebben dezelfde j als de W-O trajecten, maar dan met een minteken. Idem voor de N-Z lijnen. De verzameling van j -waarden die zo ontstaat wordt aangeduid met de set ***J***. Voor iedere traject j van de set moet bekend zijn wat het knooppuntnummer is aan de 'bovenstroomse' en wat het is aan de 'benedenstroomse' zijde. Voor de W-O trajecten is dat:

- voor het traject geldt $j = k$, met k het bovenstroomse knooppunt, dus $kinj_j = j$
- voor het benedenstroomse knooppunt geldt $kout_j = kinj_j + 1$

De O-W trajecten hebben dezelfde j met een minteken, en de $kinj_j$ en $kout_j$ verwisseld.

Voor de Z-N trajecten is de nummering:

- voor het traject geldt $j=k+Nik$, met k bovenstroomse knooppunt, dus $kinj_j = j-Nik$
- voor het benedenstroomse knooppunt $kout_j = kinj_j + Nix$

De N-Z trajecten hebben dezelfde j met een minteken, en met de $kinj_j$ en $kout_j$ verwisseld.

Het totale aantal locaties waar voercentra mogen komen kan worden ingeperkt met een boven- en of/ ondergrens; dat geeft bijvoorbeeld de mogelijkheid om te onderzoeken wat de extra baten zijn van een extra voercentrum. De beperkingen zijn in de vorm van:

$$\sum_k VC_k \geq vctotmin \quad (3)$$

$$\sum_k VC_k \leq vctotmax \quad (4)$$

waarin $vctotmin$ het minimale aantal centra is en $vctotmax$ het maximale aantal.

De totale verwerkingscapaciteit van het voercentrum dient voldoende groot te zijn om de optelsom van productstromen te kunnen verwerken:

$$CVC_k = \sum_u CVCU_{k,u} \quad (5)$$

voor alle k , waarin $CVCU_{k,u}$ het deel van de verwerkingscapaciteit is dat gebruikt wordt voor het product van landgebruik u in de voermix (T/jaar).

De verschillende voercentra dienen allemaal dezelfde samenstelling van voer af te leveren. Dat wordt in het model bewaakt via de verhoudingen tussen de deelcapaciteiten van aangeleverde producten tot de totale capaciteit:

$$CVCU_{k,u} = fvcu_u \cdot CVC_k \quad (6)$$

voor alle k en u , waarin $fvcu_u$ de fractie is van product van landgebruik u in de aanlevering aan het voercentrum. Deze randvoorwaarde is alleen van belang indien het aantal centra groter dan één mag zijn. (De run met een enkel centra (opgelegd via $vctotmin=vctotmax=1$) wordt gebruikt om de fracties af te leiden voor de rekenruns met meerdere centra. De berekende verhoudingen moeten consistent zijn met de verhoudingen die ten grondslag liggen aan de invoergegevens.)

Bij de verwerking van de aangeleverde ruwvoerproducten tot voermix treden in enigerlei mate gewichtsverliezen op als gevolg van onder andere indroging. Dat wordt in het model verdisconteerd met :

$$CVCNET_k = \sum_u CVCU_{k,u} \cdot rvkvv2vm_u \quad (7)$$

waarin $CVCNET_k$ de netto aflevercapaciteit is van het voercentrum (T/jaar) en $rvkvv2vm_u$ de omzettingcoëfficiënt is van product u naar de voermix (T/T).

Per traject van het transportnetwerk geldt een maximale capaciteit die door het model gerespecteerd dient te worden. Dit wordt apart opgelegd voor het transport naar het voercentrum en voor het transport van de voermix naar de afnemers, omdat het vervoer naar het centrum toe een andere piek in het jaar heeft dan die van het afleveren van de mix:

$$\sum_u CTRV_{j,u} \leq ctrvmax_j \quad (8)$$

$$\sum_u CTVM_{j,u} \leq ctvmmax_j \quad (9)$$

voor alle trajecten j , waarin $CTRV_{j,u}$ het transport van product u langs traject j naar het centrum toe (T/jaar), $ctrvmax_j$ de maximale transportcapaciteit is van het traject (T/jaar), $CTVM_j$ het transport is van de voermix langs traject j (T/jaar), en $ctvmmax_j$ de maximale transportcapaciteit is van het traject (T/jaar).

Per knooppunt van het transportnetwerk worden de balansen van in- en uitgaande productstromen sluitend gemaakt:

$$\sum_{z|kz_z=k} ftovcu_u \cdot y_{z,u} \cdot XU_{z,u} + \sum_{j|kout_j=k} CTRV_{j,u} - \sum_{j|kin_j=k} CTRV_{j,u} - CVCU_{k,u} = 0 \quad (10)$$

voor alle knooppunten k die binnen het studiegebied vallen en voor alle landgebruiksvormen u die producten leveren aan het voercentrum (gras, mais, akkerbouw_kv), waarin kz_z het dichtstbijzijnde knooppunt is van grid-hydrotoop z , $XU_{z,u}$ het areaal van landgebruik u in grid-hydrotoop z (ha), $y_{z,u}$ de gemiddelde opbrengst is van het product van landgebruik u in grid-hydrotoop z (T/ha/jaar), $ftovcu_u$ de fractie van het product u dat vanuit grid-hydrotoop z wordt afgevoerd naar het voercentrum, $CTRV_{j,u}$ het transport van product u langs traject j (T/jaar), $kout_j$ het benedenstroomse knooppunt van een traject, kin_j het bovenstroomse knooppunt van een traject. In deze balans komt tot uitdrukking dat een deel van de voor veevoer bestemde productie lokaal wordt gebruikt, bijvoorbeeld het weidegras; alleen gemaaid gras gaat naar het voercentrum.

Het zelfde transportnetwerk wordt gebruikt voor het beschrijven van het afleveren van de voermix bij de afnemers. Het afleveren van de voermix komt in de balans van een knooppunt terug als een negatieve term. Het voercentrum zet de aangeleverde producten om naar de voermix. Daarbij kunnen verliezen optreden. De balans voor de afvoer van de voermix kan dan geschreven worden als:

$$-CVM_k + \sum_{j|kout_j=k} CTVM_j - \sum_{j|kin_j=k} CTVM_j + CVCNET_k = 0 \quad (11)$$

voor alle k , waarin CVM_k de hoeveelheid afgeleverde voermix is in knooppunt k (T/jaar), $CTVM_j$ het transport is van de voermix langs traject j (T/jaar).

De modellering van de levering van de voermix wordt gedaan door het aantal koeien te vermenigvuldigen met de vraag per koe:

$$CVM_k = vmdemcow \cdot cow_k \quad (12)$$

waarin $vmdemcow$ de consumptie van de voermix is per koe (Ton/cow/jaar), en cow_k het aantal koeien is dat zich bevindt in de directe nabijheid van een roosterpunt van het transportnetwerk.

De kostenfunctie voor het laten functioneren van een voercentrum wordt geïmplementeerd met een tabelfunctie. Sprongen in de kosten worden gerepresenteerd door steile tussentrajecten met b.v. een uitbreidingsstap van 1 Ton/jaar in de verwerkingscapaciteit. Tussen de tabelwaarden wordt lineair geïnterpoleerd. Dat gebeurt met gebruik van gewichtsvariabelen waarvan de optelsom precies gelijk aan 1 is op een locatie waar een voercentrum komt; op locaties waar geen centrum komt blijven de gewichtsvariabelen gelijk aan 0. Via een speciale techniek wordt ervoor gezorgd dat er alleen tussen naastliggende tabelwaarden wordt geïnterpoleerd. De modelvergelijkingen zijn:

$$\sum_p W_{k,p} \cdot cvctab_{k,p} = CVCNET_k \quad (13)$$

$$\sum_p W_{k,p} \cdot kostcvctab_{k,p} = KVC_k \quad (14)$$

$$\sum_p W_{k,p} = VC_k \quad (15)$$

voor alle k , waarin $CVCNET_k$ de aflevercapaciteit is van het voercentrum in tonnen product per jaar (T/jaar), $cvctab_{k,p}$ een tabelwaarde is van de verwerkingscapaciteit in een bepaald knooppunt (T/jaar), $kostcvctab_{k,p}$ de kosten zijn gekoppeld aan een bepaalde capaciteit (E/jaar), $W_{k,p}$ de gewichtsvariabelen zijn voor het interpoleren in de tabel, en KVC_k de totale kosten zijn van een voercentrum (E/jaar). Met deze modelleerwijze wordt via de tabelfunctie tevens de minimum- en maximumcapaciteit op een bepaalde locatie gespecificeerd: als een bepaalde locatie wordt gekozen voor het vestigen van een voercentrum dan kan de capaciteit alleen waarden aannemen tussen de eerste en laatste waarde van $cvctab_{k,p}$. De opstartkosten van een voercentrum worden gerepresenteerd door het eerste punt van de kostentabel, $kostcvctab_{k,1}$.

De gemaakte kosten worden evenredig gesteld aan het gebruik van het transportnetwerk:

$$KCT_j = \sum_u CTRV_{j,u} \cdot kostctrv_j \cdot d_j + \sum_u CTVM_{j,u} \cdot kostctvm_j \cdot d_j \quad (16)$$

voor alle j , waarin KCT_j de jaarlijkse kosten zijn van transport langs traject j (E/jaar), $kostctrv_j$ en $kostctvm_j$ de kosten zijn van transport per kilometer van respectievelijk het aanleveren van het ruwe product en van het afleveren van de voermix (E/T/km), en d_j de lengte van een traject (5 km).

Een overzicht van de vereiste agro-economische invoergegevens is opgenomen in *Tabel B1.1*

Tabel B.1.1

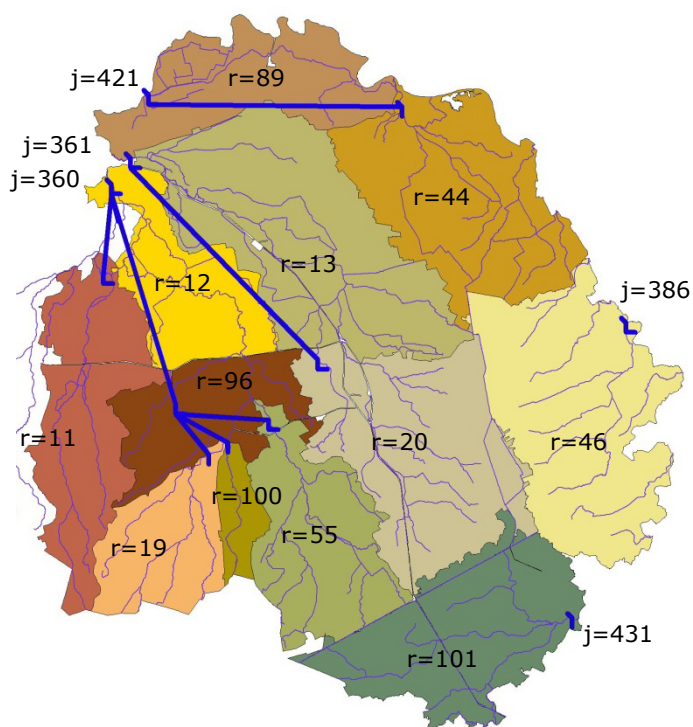
Vereiste agro-economische invoergegevens

Symbol	Omschrijving	Eenheid
f_{tovcu_u}	de fractie van het product u die afgevoerd naar het voercentrum	T/T
f_{cvcu_u}	fractie van product u in voermix (bruto waarden)	T/T
f_{tovmu_u}	omzettingscoëfficiënt van product u naar de voermix	T/T
$costctrvu_{u,j}$	kosten van transport van ruwvoer en krachtvoervangers langs traject j	E/T/km
$costctvm_j$	kosten van transport van voermix langs traject j	E/T/km
$vmdem_{cow}$	voermixvraag van de melkveehouders in per koe	T//koe/jaar
cow_k	aantal koeien in de nabijheid van knooppunt k	koeien
$cvctab_{k,p}$	tabelfunctie met jaarlijkse kosten van een voercentrum in knooppunt k	T/jaar, E/Jaar
$costcvcnettab_{k,p}$		

Bijlage 2 Regio-specifieke database van nutriëntenvrachten

Voor de simulatie van het stoffentransport is inzicht nodig in de inkomende en uitgaande nutriëntenvracht van de knopen en trajecten uit *Figuur B2.1*. De bijdrage van de verschillende bronnen zijn met het ECHO-instrumentarium (Van Boekel *et al.*, 2013) berekend:

1. Instroming vanuit het landelijk gebied (uit- en afspoeling).
2. Instroming vanuit RWZI's, industriële lozingen, overige landbouwemissies, etc. (Emissieregistratie).
3. Instroming vanuit het buitenland.
4. Instroming vanuit bovenstroomse gebieden.
5. Onttrekking van stoffen door retentie in het oppervlaktewater.
6. Uitgaande vracht bij de uitstroompunten.



Figuur B2.1 Studiegebied in De Peel, met stroomgebieden (r) en met vijf uitstroompunten (j). De blauwe lijnen zijn de (geschematiseerde) waterlopen die binnen het huidige studiegebied vallen

In eerste instantie wordt er alleen gefocust op de uit- en afspoeling vanuit het landelijk gebied. Deze wordt berekend met het STONE-instrumentarium. In het project *Landbouw en KRW* is gebruikt gemaakt van de N- en P-belasting voor twee periodes namelijk periode 1 (m0, huidige toestand in 2000) en periode 2 (m1 t/m m15, 2015).

In het project DuLa zal alleen worden gerekend voor de huidige periode (m0). Onder huidige periode wordt in dit geval verstaan de periode 2006-2009. Dit betekent dat de invoerbestanden met uit- en afspoeling van N en P moet worden aangepast voor de genoemde periode. Bijkomend voordeel is dat gebruik gemaakt kan worden van de nieuwe berekeningen met STONE 2.4 (EMW-2012). De N- en P-belasting wordt aangeleverd in vier bestanden:

- Nloads_winter
- Nloads_zomer
- Ploads_winter
- Nloads_zomer

Het invoerbestand ziet er als in *Tabel 2*.

Plot	Landgebruik lu	Beheersoptie m	N-vracht (kg/ha)
1	Gras	M0	
2	Gras	M0	
3	Mais	M0	
..			
6405	Akkerbouw_nieuw	M0	

In de huidige STONE-schematisatie worden 6405 STONE-plots onderscheiden (zie grijze blok). Voor het project worden echter nieuwe akkerbouwplots gecreëerd met een nieuwe verdeling van de 22 akkerbouw- en tuinbouwgewassen (AT-gewassen). De uit- en afspoeling van deze plots worden in *tabel 2* toegevoegd.

De ruimtelijke indeling voor STONE dateert van 2000 (Kroon *et al.*, 2001) en is gemaakt op basis van hydrologische en bodemchemische eigenschappen. Nederland is hierbij ingedeeld in 6405 ruimtelijke eenheden (plots) voor het landelijk gebied, één plot voor het bebouwde gebied en één plot voor water. Een plot bestaat uit meerdere gridcellen van 250 * 250 meter die dezelfde unieke combinatie van eigenschappen hebben. De ruimtelijke verdeling is gebaseerd op vijf basiselementen:

- hydrologische hoofdindeling: hydrotypen, drainage-groepen, grondwatertrappen, kwel/wegzijgingsflux;
- indeling in landgebruik: gras, mais, overig landbouw, natuur, water en bebouwing;
- indeling in bodemtype: zand, klei, veen;
- indeling in chemische eigenschappen van de bodem: fosfaatbindend vermogen, mineralisatiecapaciteit, kationenadsorptiecapaciteit (CEC);
- indeling naar overige kenmerken: o.a. meteorologische kenmerken.

Naast de invoerbestanden met de uit- en afspoeling zijn ook bestanden nodig van het huidig landgebruik en van de koppeling tussen de [hydrotoop,landgebruik] combinaties en de plot nummers (*tabel 3* en *tabel 4*).

Tabel 3. Huidig landgebruik

Hydrotoop z	Landgebruik lu
1	Gras
2	Akkerbouw
3	Natuur
..	
28339	Mais

Tabel 4.

Hydrotoop	Landgebruik	Plot
1	Gras	
1	Mais	
1	Akkerbouw	
1	Akkerbouw_kv	
1	Natuur	
2	Gras	
2	Mais	
2	Akkerbouw	
2	Akkerbouw_kv	
2	natuur	
.....		

Per hydrotoop en per landgebruiksvorm moet er een STONE-plot geselecteerd worden. Het selecteren van de STONE-plot met het huidige landgebruik is eenvoudig (is reeds bekend). Voor het zoeken naar STONE-plots met een ander landgebruik, maar wel dezelfde Gt-klasse, grondsoort etc. (zie o.a. het grijze kader) moet een procedure worden ontwikkeld. Indien blijkt dat er geen 'match' gevonden kan worden, kunnen er een aantal criteria worden weggelaten (bijvoorbeeld de CEC). Een aantal kenmerken (o.a. bodemtype) kan niet worden weggelaten

Bijlage 3 Aanpassingen aan het modelinstrumentarium STONE

Het modelinstrumentarium STONE is ontwikkeld voor nationale beleidsevaluaties met betrekking tot de uit- en afspoeling van stikstof en fosfor naar het grond- en oppervlaktewater. Vanwege de toepassing op landelijk schaalniveau is de indeling in rekeneenheden van het modelinstrumentarium, dus de ruimtelijke toepassing van het model, redelijk grof. Zo is de basisgrootte van een rekeneenheid (ook wel plot genoemd) in STONE 250*250 meter. In het modelinstrumentarium STONE is Nederland ingedeeld in 6405 plots met een gemiddelde grootte van 438 ha. Voor regionale toepassing kan dit schaalniveau leiden tot verkeerde combinaties van bijvoorbeeld landgebruik, bodem of grondwatertrap op regionaal of lokaal schaalniveau. Om bij de ruimtelijke optimalisatie van akkerbouw-voedergewassen zeker te zijn van het juiste landgebruik, bodemtype en grondwatertrap is voor de toepassing in Dula gebruik gemaakt van de ruimtelijke herschikking van STONE-plots.

Bij de ruimtelijke herschikking van STONE-plots wordt op basis van gedetailleerde kaartgegevens van het landgebruik (LGN6), bodemtype en Gt (beiden 1:50 000 bodemkaart) nieuwe rekeneenheden gemaakt met een basisgrootte van 25*25 meter. Voor iedere rekeneenheid worden de kenmerken landgebruik, bodem en Gt geclusterd naar de kenmerken van een STONE-plot. Voor het landgebruik betekent dit dat de verschillende landgebruiksvormen van LGN6 geclusterd worden naar de vier landgebruiksvormen van STONE: grasland, mais, akkerbouw en natuur. De bodemtypen van de 1:50000 bodemkaart wordt geclusterd naar de 21 bodemfysische eenheden van STONE. De verschillende grondwatertrappen van de 1:50000 bodemkaart wordt geclusterd naar de zeven grondwatertrappen van STONE. Op deze wijze kan voor iedere nieuwe rekeneenheid in de Peel een STONE-plot geselecteerd worden. De rekenresultaten van de geselecteerde STONE-plot is op deze wijze direct van toepassing en beschikbaar voor deze rekeneenheid.

Voor het studiegebied de Peel zijn 1749 nieuwe rekeneenheden gemaakt, verdeeld over 12 deelstroomgebieden. De gemiddelde grootte van een rekeneenheid is 152 ha.

Bijlage 4 Scenario uitkomsten met realisaties voor 10% koeien

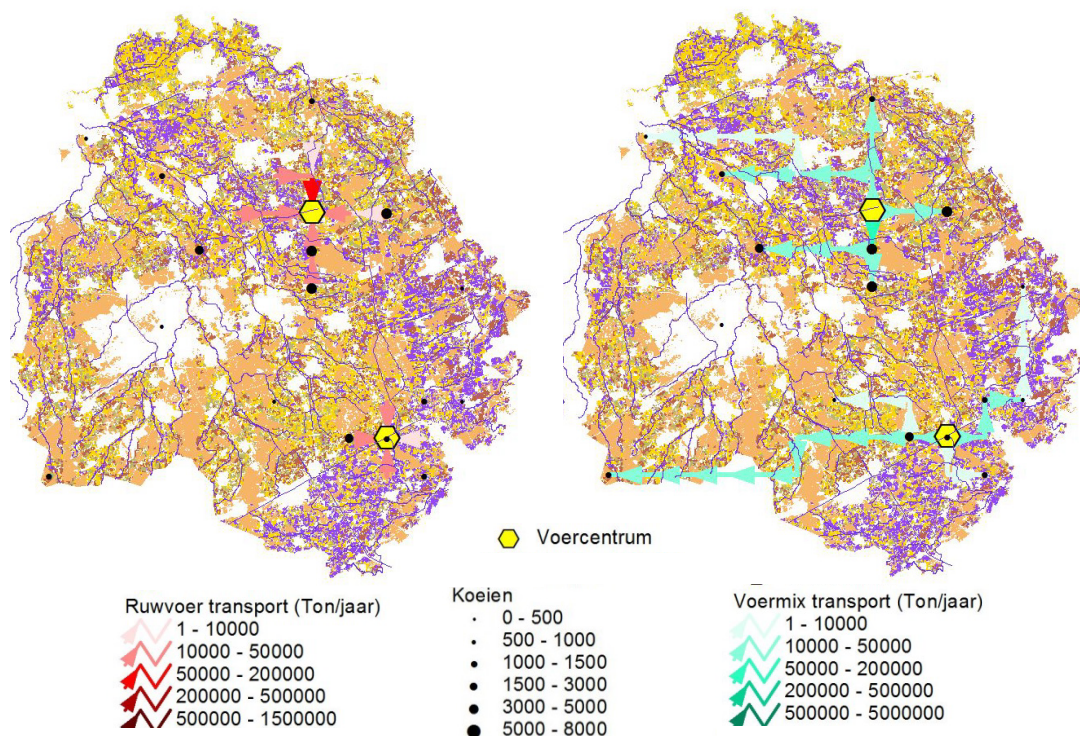


Fig. B3.1 Run 1 uit reeks met 10% koeien op locaties aangewezen met een toevalsgenerator

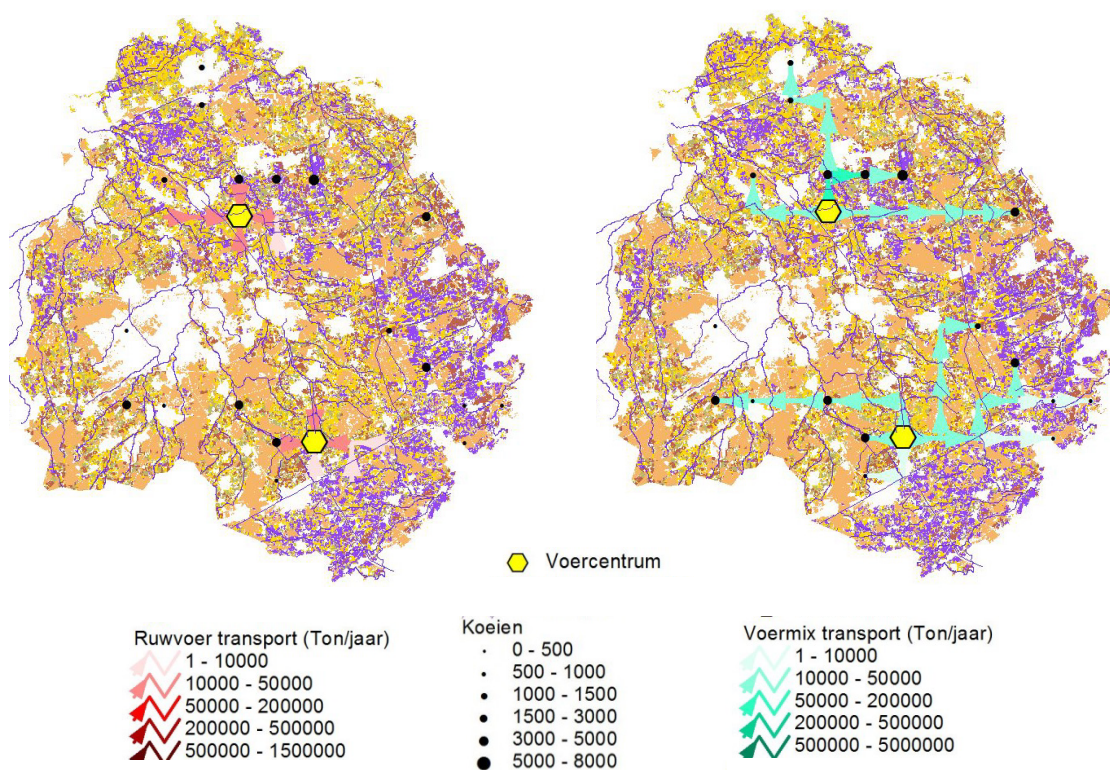


Fig. B3.2 Run 2 uit reeks met 10% koeien op locaties aangewezen met een toevalsgenerator

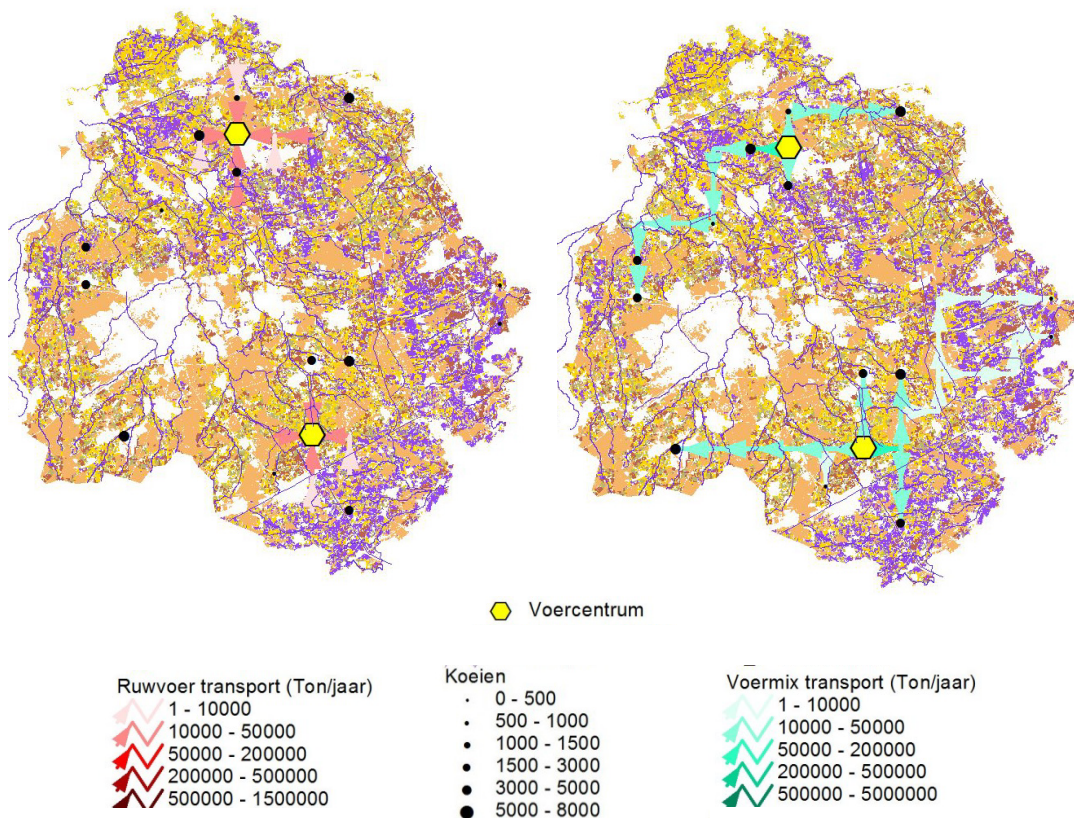


Fig. B3.3 Run 3 uit reeks met 10% koeien op locaties aangewezen met een toevalsgenerator

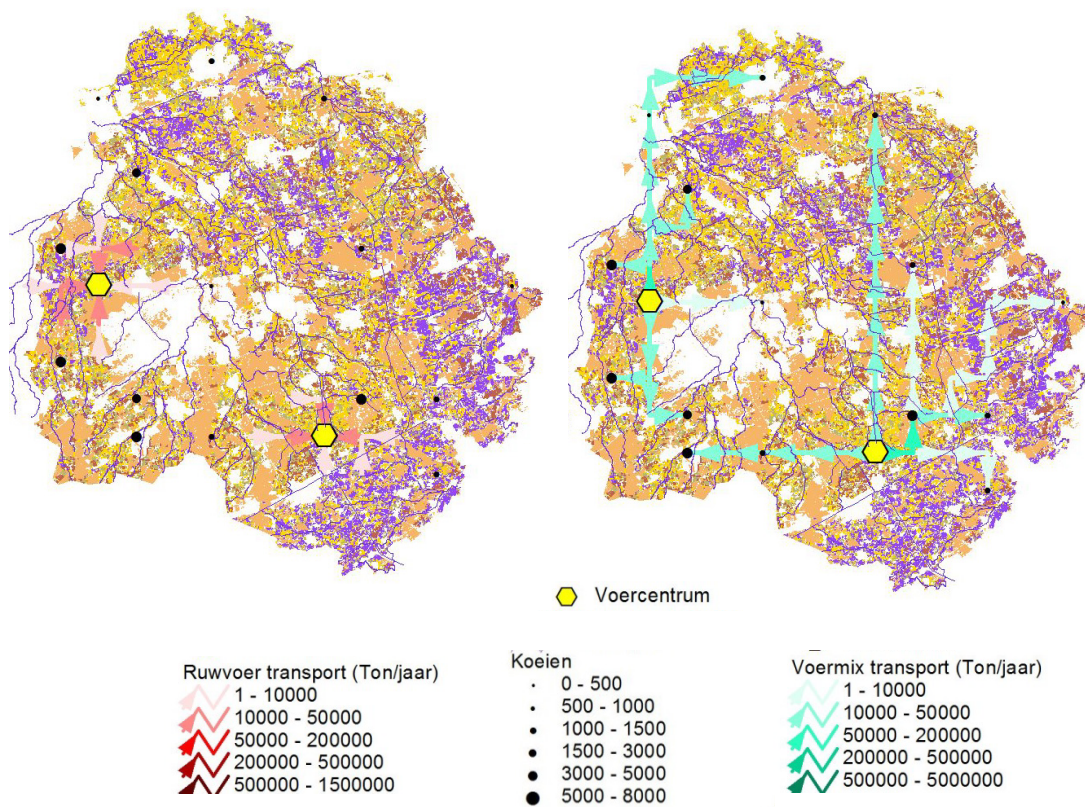


Fig. B3.3 Run 4 uit reeks met 10% koeien op locaties aangewezen met een toevalsgenerator

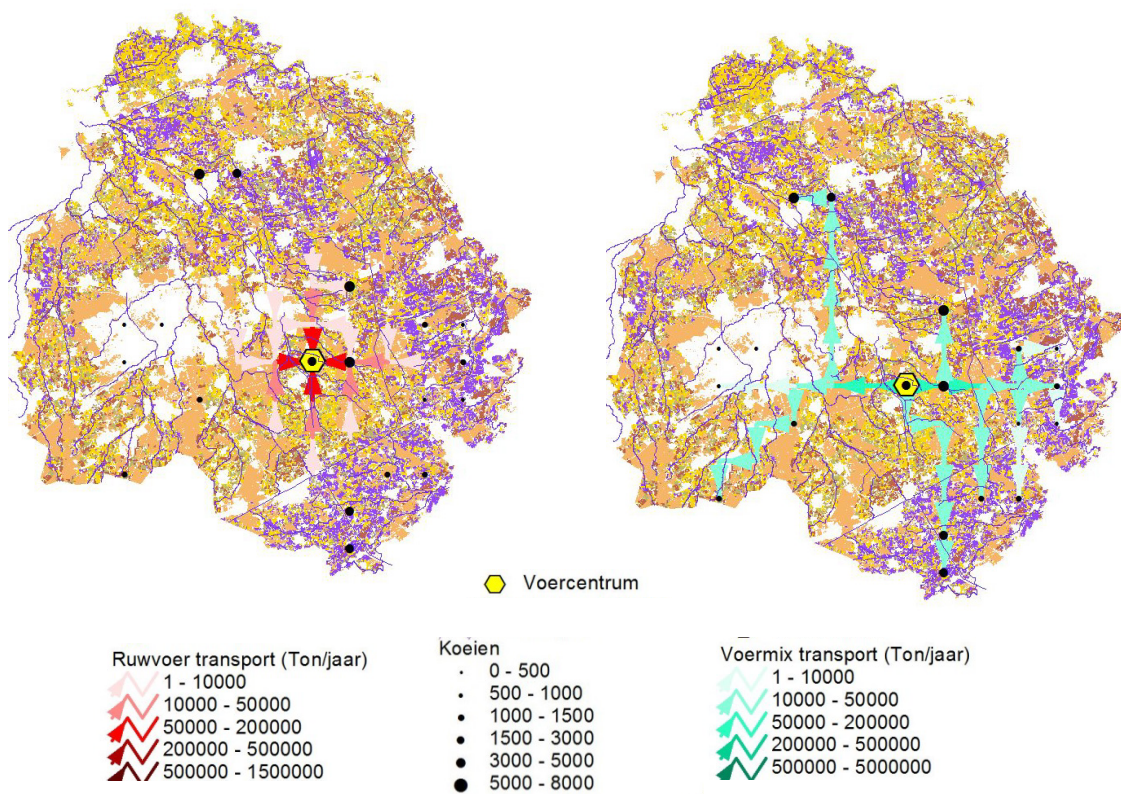


Fig. B3.5 Run 5 uit reeks met 10% koeien op locaties aangewezen met een toevalsgenerator

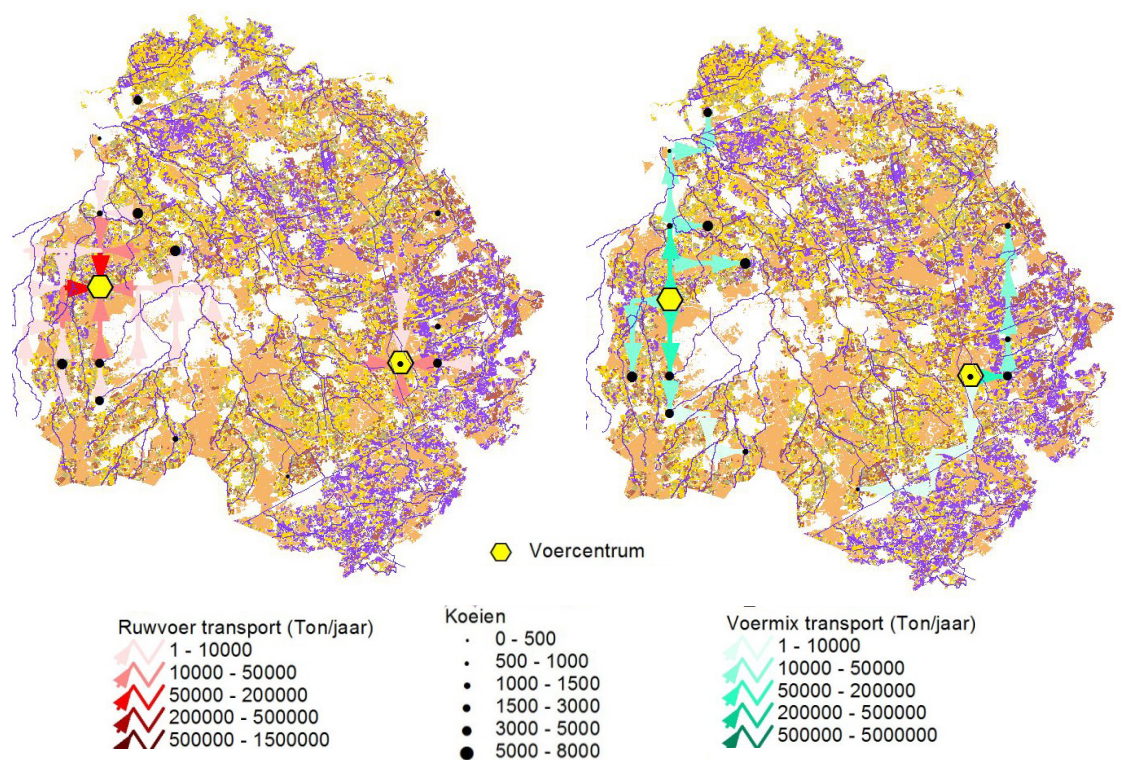


Fig. B3.6 Run 6 uit reeks met 10% koeien op locaties aangewezen met een toevalsgenerator

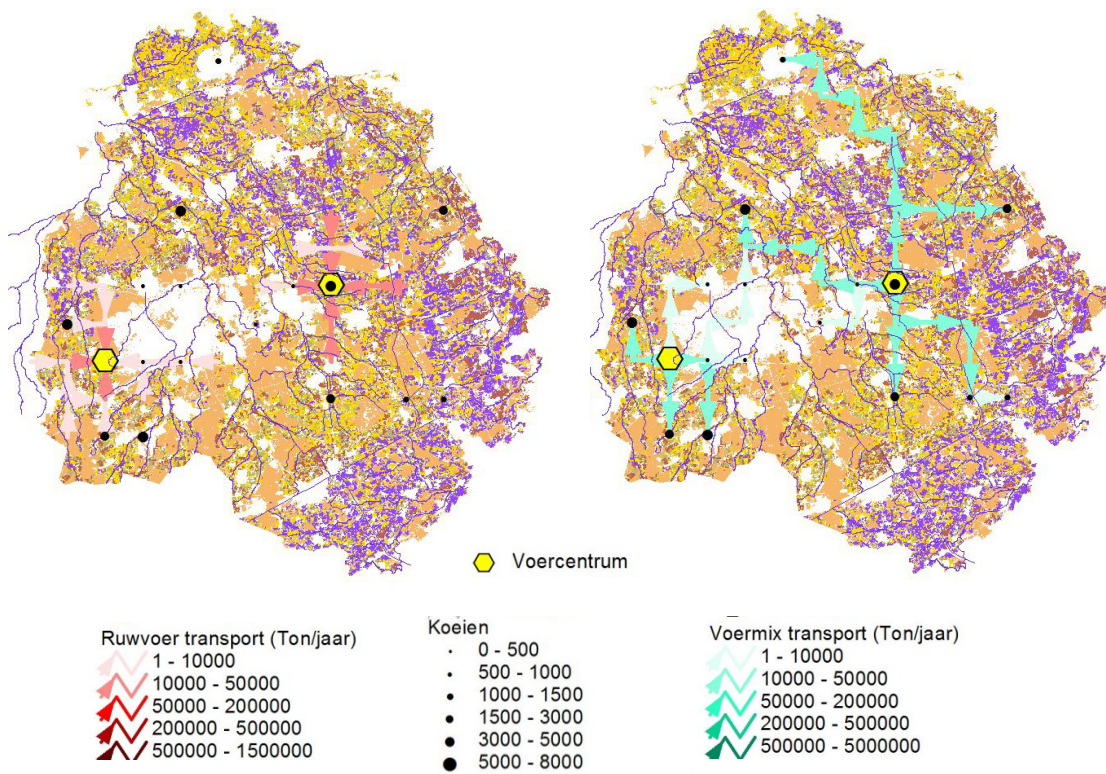


Fig. B3.7 Run 7 uit reeks met 10% koeien op locaties aangewezen met een toevalsgenerator

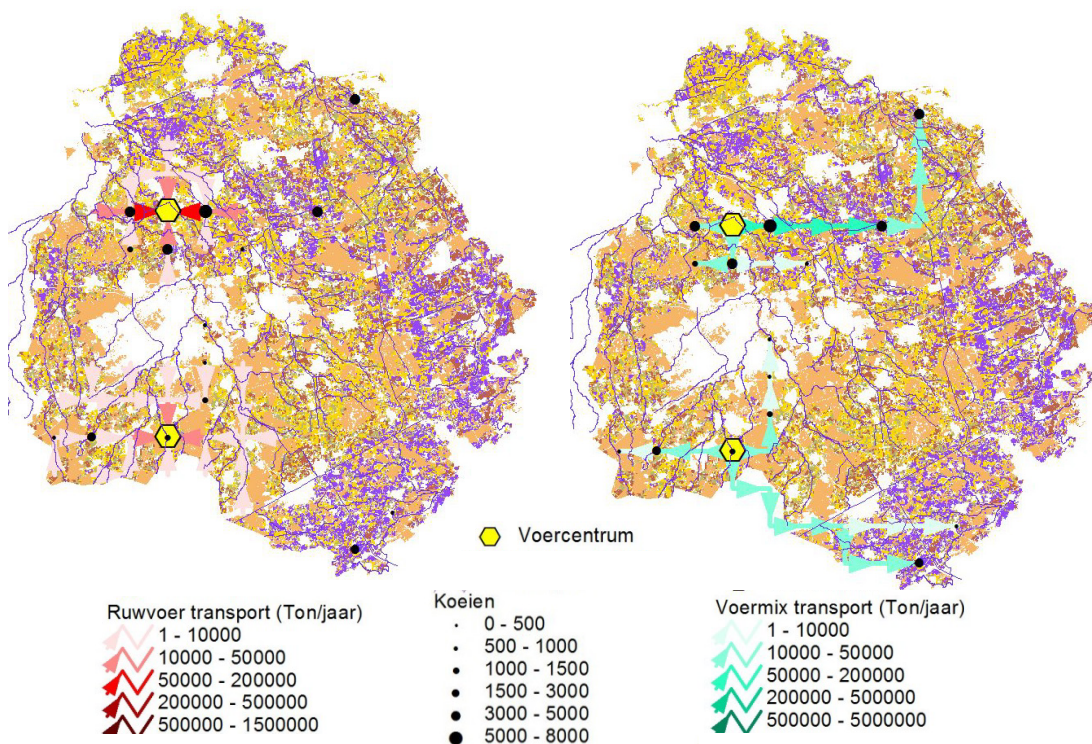


Fig. B3.8 Run 8 uit reeks met 10% koeien op locaties aangewezen met een toevalsgenerator

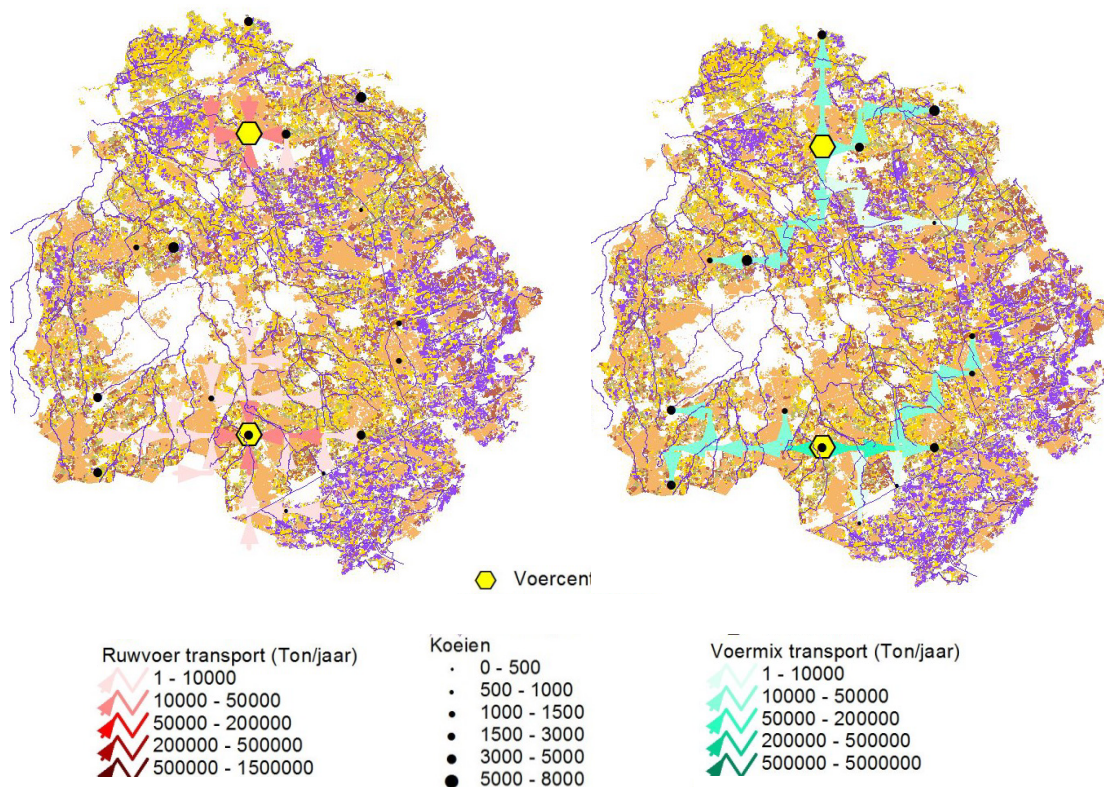


Fig. B3.9 Run 9 uit reeks met 10% koeien op locaties aangewezen met een toevalsgenerator

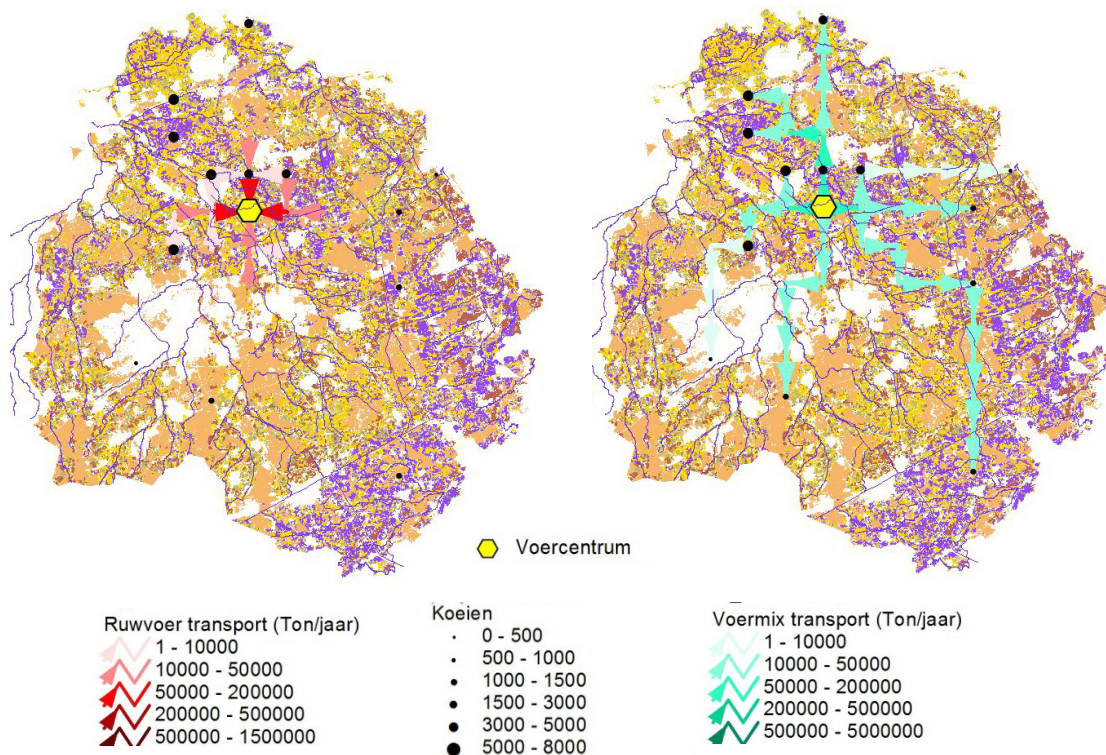


Fig. B3.10 Run 10 uit reeks met 10% koeien op locaties aangewezen met een toevalsgenerator

Alterra Wageningen UR
Postbus 47
6700 AA Wageningen
T 0317 48 07 00
www.wageningenUR.nl/alterra

Alterra-rapport 2615
ISSN 1566-7197



Alterra Wageningen UR is hét kennisinstituut voor de groene leefomgeving en bundelt een grote hoeveelheid expertise op het gebied van de groene ruimte en het duurzaam maatschappelijk gebruik ervan: kennis van water, natuur, bos, milieu, bodem, landschap, klimaat, landgebruik, recreatie etc.

De missie van Wageningen UR (University & Research centre) is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.000 medewerkers en 9.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Alterra Wageningen UR
Postbus 47
6700 AB Wageningen
T 317 48 07 00
www.wageningenUR.nl/alterra

Alterra-rapport 2615
ISSN 1566-7197

Alterra Wageningen UR is hét kennisinstituut voor de groene leefomgeving en bundelt een grote hoeveelheid expertise op het gebied van de groene ruimte en het duurzaam maatschappelijk gebruik ervan: kennis van water, natuur, bos, milieu, bodem, landschap, klimaat, landgebruik, recreatie etc.

De missie van Wageningen UR (University & Research centre) is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.000 medewerkers en 9.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

