

# Het effect van robotisering op de arbeidsmarkt in Nederlandse regio's

Een onderzoek naar het verdwijnen van banen als gevolg van  
robotisering



L.S. (Lucy) Talens

Studentnummer: s1997971  
Master Economische Geografie  
Faculteit Ruimtelijke Wetenschappen  
Rijksuniversiteit Groningen

Begeleider: dr. S. Koster  
Juni 2016



rijksuniversiteit  
groningen

## Voorwoord

---

Voor u ligt mijn afstudeerscriptie van de master Economische Geografie van de Rijksuniversiteit Groningen. De keuze voor het onderwerp was vrij snel gemaakt. Op het moment dat ik een onderwerp moest gaan bedenken was er een item over de zelfrijdende auto van Google op het nieuws. Dit trok mijn aandacht en ik maakte al snel de link met mijn master. Hoe zullen dergelijke technologische ontwikkelingen en een toename van automatisering invloed hebben op de werkgelegenheid in Nederland? Hoewel ik in de eerste instantie vooral het economische aspect bedacht had voor de scriptie, was na een bezoek aan mijn scriptiebegeleider al snel het geografische aspect erbij bedacht.

Het uiteindelijke resultaat van het onderzoek heeft even op zich laten wachten. Ondanks dat ik de scriptie in het voorjaar van 2015 begon, rond ik het nu een jaar later in het voorjaar van 2016 af. Er kwam een tweede master tussendoor waar ik op het moment van schrijven nog mee bezig ben en ook een scriptie voor afrond. Ondanks het verhuizen naar Utrecht en daarmee de grotere geografische afstand tussen mijn scriptiebegeleider en mij, is het gelukt het onderzoek af te ronden. Hoewel het de afgelopen maanden erg druk is geweest met het verdelen van mijn tijd tussen een stage en twee scripties, kijk ik inmiddels tevreden terug op het hele proces. Ik vind het nog steeds een erg interessant onderwerp en ben benieuwd hoe dit zich verder gaat ontwikkelen de komende jaren. Ik ben blij dat ik hier een nieuwe bijdrage aan heb kunnen leveren en iets meer duidelijkheid heb kunnen geven over de vraag waar in Nederland de impact van robotisering en het eventuele verdwijnen van banen het grootst kan zijn.

Met de hulp van mijn scriptiebegeleider heb ik toegang gekregen tot de benodigde datasets en werd ik weer op het goede pad gezet wanneer ik afdwaalde of het overzicht even verloren was. De gesprekken en het mailcontact hebben ervoor gezorgd dat ik weer met vertrouwen en hulpvolle inzichten verder kon gaan met het onderzoek, waarvoor dank. Daarnaast wil ik ook de personen bedanken die geholpen hebben bij het toewijzen van werksoorten aan classificatiegroepen, en de personen die geholpen hebben om beroepen aan sectoren te gelinkt. Beide erg lastige klussen, maar ze waren van groot belang voor de uiteindelijke resultaten van de thesis.

Lucy Talens

*Rijksuniversiteit Groningen, juni 2016*

## Samenvatting

---

De laatste jaren is de bezorgdheid over het vervangen van menselijke arbeid door robots, machines en computers gestegen en meer geuit. Om meer duidelijkheid te krijgen over hoe robotisering de Nederlandse arbeidsmarkt kan beïnvloeden de komende jaren, is er onderzocht hoe de situatie ervoor staat wat betreft de automatiseerbaarheid van banen. Voor meerdere partijen is het nuttig om te weten waar in Nederland robotisering de meeste impact zal hebben op de arbeidsmarkt om op de effecten hiervan te kunnen voorbereiden, bijvoorbeeld via aangepast beleid, subsidiëring, het ontwikkelen van strategieën en te investeren in het omscholen van werknemers. Om dit te weten te komen is ten eerste gekeken naar hoe robotisering te meten is. Vervolgens werd onderzocht welke sectoren in Nederland het meeste te maken zullen krijgen met de effecten van robotisering. Daarna werd regionaal bekeken hoe groot het aantal automatiseerbare banen in elke regio is. In vergelijkbare onderzoeken over de invloed van robotisering- of automatisering op banen, is die laatste stap nog niet eerder uitgevoerd. Dit is echter wel van belang om te weten in welke regio's van Nederland de meeste banen kunnen verdwijnen als gevolg van robotisering, zodat hier op ingespeeld kan worden. De resultaten uit dit onderzoek voorzien daarom in een eerste inzicht op dit gebied. In de thesis staat de hoofdvraag centraal: Wat zijn de regionale arbeidsmarkteffecten van toenemende robotisering?

Vooruitgang in de ontwikkeling van robots en andere soorten van automatisering zorgen ervoor dat de menselijke arbeid vervangen kan worden. Voornamelijk de middelopgeleiden in Nederland krijgen hiermee te maken. Hiervoor zijn twee hoofdredenen. De groep middelopgeleiden voert veelal werkzaamheden uit die voor een groot gedeelte bestaan uit routinematige taken en vaardigheden. Daarnaast is dit de opleidingsgroep in Nederland die groter is dan de andere groepen: laag- en hoogopgeleiden. Het betreft dus een groot gedeelte van de werkende beroepsbevolking van de Nederlandse arbeidsmarkt. Op basis van de verdeling van sectoren in Nederland is voorspeld dat vooral banen in de regio's Groot-Amsterdam en Groot-Rijnmond effecten van robotisering zullen merken, doordat deze regio's een groot aandeel banen hebben in de sectoren 'industrie', 'bouwnijverheid' en 'communicatie & informatie'. Deze sectoren zijn op basis van de taken en vaardigheden ingeschat als routinematig en zijn geschikt om ook door robots en computers uitgevoerd te kunnen worden. Op beroepsniveau werd voornamelijk robotisering verwacht in de administratieve beroepen.

Door de focus te leggen op de connectie tussen sectoren en automatiseerbaarheid van beroepen, was de gevoeligheid voor robotisering voor alle regio's in Nederland te berekenen. Automatiseerbaarheid is een maatstaf om de vervanging van mensen door machines aan te geven. Via twee methoden is de automatiseerbaarheid van sectoren berekend, wat vervolgens heeft geleid tot een voorspelling van het aantal banen per regio wat zou kunnen verdwijnen als gevolg van robotisering. Een kanttekening aan het onderzoek is het feit dat de berekeningen van beide methoden niet het ontstaan van mogelijke nieuwe beroepen meenemen, maar enkel kijken naar het mogelijk automatiseerbaar maken van huidige beroepen en banen.

De eerste methode heeft gebruik gemaakt van routinematigheidsgroepen om de automatiseerbaarheid van Nederlandse beroepen te bepalen. Bij elk beroep behoort een aantal vaardigheden en taken. Deze zogeheten 'werksoorten' zijn handmatig toegekend aan één van vijf groepen die elk een bepaalde routinematigheid aangeven. Werksoorten in twee van deze groepen worden als automatiseerbaar beschouwd, terwijl de andere drie groepen als 'veilige' groepen gemarkeerd zijn doordat de werksoorten in deze groepen niet automatiseerbaar zijn. Door de handmatige toekenning van beroepen aan de groepen, heeft subjectiviteit echter een rol gespeeld bij de resultaten en in bepaalde mate voor een verminderde betrouwbaarheid gezorgd. De resultaten van de afzonderlijke beroepen zijn vertaald naar sectorniveau. Uit deze resultaten bleek dat de sectoren 'groot- en detailhandel', en 'vervoer en opslag' de meeste automatiseerbare banen bevatten. De regionale verspreiding van de automatiseerbaarheid liet bij deze methode zien dat de regio's die veel banen bevatten eveneens de meeste automatiseerbare banen hebben, zoals Groot-Amsterdam,

Utrecht en Groot-Rijnmond. Kleinere regio's komen relatief gezien meer naar voren als gevoelig voor robotisering, zoals de regio's Delfzijl en omgeving, Midden-Limburg en Noord-Limburg. Dit heeft te maken met het grote aandeel banen die de regio's hebben in automatiseerbare sectoren. Groot-Amsterdam en Groot-Rijnmond zijn echter relatief gezien ook erg gevoelig voor robotisering, terwijl regio Utrecht ondanks het hoge absolute aantal automatiseerbare banen, relatief gezien veel minder naar voren komt als automatiseerbaar. Dit is te verklaren door het grote aandeel banen in de creatieve sectoren en de vele niet-routinematige werkzaamheden bij veel banen in die regio.

De tweede methode maakte gebruik van Amerikaanse beroepen waar in een eerder onderzoek de automatiseerbaarheidsindexen van berekend zijn. Deze beroepen zijn in deze thesis handmatig vertaald naar een Nederlandse sectorindeling door voor elk beroep afzonderlijk te bekijken welke sector er het beste bij past. Vervolgens zijn de automatiseerbaarheidsindexen naar sectorniveau vertaald. Hierbij kwam naar voren dat eveneens de sector 'groot- en detailhandel' de meeste automatiseerbare banen heeft. 'Bouwnijverheid' en 'vervoer en opslag' worden ook in grote mate als automatiseerbaar ingeschat, maar het opvallendst aan de resultaten was de sector 'onderwijs'. Deze sector stond bij methode 1 onderaan in het lijstje wat betreft het aantal automatiseerbare banen, maar methode 2 verwacht juist dat vele banen in deze sector automatiseerbaar zijn. Dit is tegenstrijdig met wat er verwacht werd op basis van de hoeveelheid interactieve en niet-routinematige werkzaamheden die de beroepen in die sector bevatten. Een verklaring hiervoor kan echter niet met zekerheid gegeven worden. Kijkend naar de regionale verspreiding van automatiseerbaarheid laten de resultaten zien dat ze in grote mate overeenkomen met de resultaten van methode 1. Het zijn wederom grote regio's in de Randstad die veel automatiseerbare banen bevatten, tegenover een meer verspreid beeld wanneer de relatieve automatiseerbaarheid bekeken wordt, waarbij ook vele regio's in Zuid-Nederland als automatiseerbaar naar voren komen. Delfzijl en omgeving springt ook bij deze methode eruit in het noorden, en daarnaast de regio's Zaanstreek en IJmond in Midden-Nederland. Ook Zuidwest-Gelderland en Zeeuwsch-Vlaanderen hebben een groot aandeel banen binnen hun regio dat gevoelig is voor robotisering.

Op basis van de resultaten van beide methoden kan gesteld worden dat robotisering een groot effect kan hebben op de Nederlandse arbeidsmarkt. De grote aantallen banen die automatiseerbaar zijn bevinden zich voornamelijk in de grotere regio's in het westen en midden van Nederland, terwijl het relatieve aandeel automatiseerbaarheid ook in kleinere regio's een groot effect kan hebben op de arbeidsmarkt. Dit komt door het grote aandeel banen die de regio's hebben in sectoren die als automatiseerbaar zijn aangeduid via de routinematigheid van werksoorten, vaardigheden en taken. Methode 1 voorspelt een wat rooskleuriger toekomstbeeld dan methode 2 als er naar het aantal automatiseerbare banen gekeken wordt. Echter betekent de voorspelling niet dat die banen ook daadwerkelijk geautomatiseerd gaan worden. Het geeft enkel een indicatie van de gevoeligheid voor robotisering.

## Inhoudsopgave

---

Voorwoord

Samenvatting

### Hoofdstuk 1

Introductie .....	7
1.1. Aanleiding.....	7
1.2. Een introductie op het fenomeen 'robotisering'.....	8
1.3. Relevantie.....	8
1.4. Doel van het onderzoek.....	9
1.5. Vraagstelling.....	9
1.6. Conceptueel model .....	10
1.7. Opbouw .....	11

### Hoofdstuk 2

Robotisering: technologische ontwikkelingen .....	12
2.1. Veranderingen in werkgelegenheid .....	12
2.2. De opkomst van robotisering.....	14
2.3. Vaardigheden en taken .....	15
2.4. Onbewuste en bewuste kennis .....	17
2.5. Nederlandse arbeidsmarkt.....	17
2.6. Regionale effecten.....	20
2.7. Conclusie.....	21

### Hoofdstuk 3

Methodiek voor de robotisering van banen.....	22
3.1. Methode 1.....	24
Berekening van de automatiseerbaarheidsindexen.....	24
3.2. Methode 2.....	28
Berekening van de automatiseerbaarheidsindexen.....	28

### Hoofdstuk 4

Resultaten .....	30
4.1. Methode 1 .....	30
Controle van de sectorspecifieke uitkomsten .....	35
4.2. Methode 2.....	36
Controle van de sectorspecifieke uitkomsten .....	41
4.3. Vergelijking van de twee methoden .....	42

### Hoofdstuk 5

Conclusies.....	44
5.1. Robotisering in de literatuur .....	44
5.2. Regionale robotisering zoals berekend via de automatiseerbaarheid van banen .....	45
5.3. Reflectie op het onderzoeksproces .....	47
5.4. Vervolgonderzoek.....	47

Literatuur .....	49
Bijlage 1	Begrippenlijst..... 53
Bijlage 2	Overzicht van de gebruikte datasets voor beide onderzoeksmethoden ..... 54
Bijlage 3	Lijst van de 38 sectoren in Nederland, gebruikt bij methoden 1 en 2..... 55
Bijlage 4	Lijst van de 128 werksoorten, gebruikt bij methode 1 ..... 56
Bijlage 5	Lijst van de 121 beroepsgroepen, gebruikt bij methode 1 ..... 58
Bijlage 6	Overzicht van de 40 COROP regio's in Nederland ..... 61
Bijlage 7	Methode 1 - aantal banen per classificatiegroep per sector ..... 62
Bijlage 8	Methode 1 - regionale uitwerking, aantal automatiseerbare banen ..... 64
Bijlage 9	Methode 1 - regionale uitwerking, percentage automatiseerbare banen ..... 66
Bijlage 10	Methode 1 - overige kaarten per classificatiegroep ..... 68
Bijlage 11	Methode 2 - Automatiseerbaarheidsindex per sector ..... 73
Bijlage 12	Methode 2 - aantal automatiseerbare banen per sector ..... 74
Bijlage 13	Methode 2 - aantal automatiseerbare banen per regio..... 76
Bijlage 14	Methode 2 - percentage automatiseerbare banen per regio ..... 77

## Hoofdstuk 1

### Introductie

#### 1.1. Aanleiding

De afgelopen jaren verschijnen er internationaal steeds meer nieuwsberichten en blogartikelen waarin zorgen geuit worden over de gevolgen van de hedendaagse technologische ontwikkelingen en hoe deze invloed hebben op arbeidsmarktposities. Centraal staat het onderzoek van Frey & Osborne (2013), maar ook de Nederlandse versie daarvan, waarin Deloitte de resultaten van Frey & Osborne naar de Nederlandse arbeidsmarkt vertaald heeft (Deloitte, 2014). In de kamerbrief van minister Asscher wordt eveneens verwezen naar de resultaten van Frey & Osborne en het onderzoek wordt gebruikt als leidraad in zijn toespraak (Asscher, 2014).

De berichtgevingen hebben gemeen dat ze allen een link leggen tussen ontwikkelingen in arbeidsbesparende technologie en bescheiden ontwikkelingen in werkgelegenheid. Nu is technologische groei in principe niets nieuws, kijkend naar de opkomst van mobiele telefonie, tablets, 3D brillen en multifunctionele horloges. Volgens vele berichten zit het verschil deze keer echter in het feit dat er nu banen op het spel staan. Friedman (2011) noemt in zijn column dat de wereld 'hyperconnected' is geworden en dat arbeiders steeds meer moeten concurreren met gecomputeriseerde machines, robots en microchips. Aan de ene kant is het hierdoor nog nooit zo eenvoudig geweest om in een paar dagen een bedrijf op te starten via online inschrijvingen, creditcard betalingen en marketing, maar aan de andere kant is de concurrentie enorm en wordt het daardoor voor bepaalde groepen moeilijker een baan te vinden en te behouden. Meerdere bronnen van een aantal jaren geleden noemen autorijden als typisch voorbeeld van een taak die niet automatiseerbaar zou zijn, zoals in het boek 'The new division of Labor' die in 2005 verscheen (in Brynjolfsson & McAfee, 2011; in Carr, 2015). Hoewel het inderdaad erg lastig is om computers of machines zó te programmeren dat ze de menselijke perceptie en het reactievermogen nabootsen, is het niet onmogelijk. In Amerika is door Google al volop geëxperimenteerd met zelfrijdende auto's (Deira, 2014), maar ook in Nederland zijn er al meerdere testen geweest met zelfrijdende vrachtwagens en auto's die de weg op gaan (NOS, 2015). In Amerika verscheen een artikel in 2011 waarin wordt aangekaart dat werknemers zich meer bewust zouden moeten zijn over het risico, of ze wel of niet vervangen kunnen worden door robots in de nabije toekomst. Zo noemt Manjoo (2011) dat robots langer kunnen werken, constanter en betrouwbaar zijn, sneller leren en een betere prijs-kwaliteit verhouding hebben dan menselijke arbeiders. Al met al, we mogen ons best een beetje zorgen maken.

Kijkend naar de geschiedenis van technologische revoluties, is de angst die heerst niet helemaal onterecht. Mensen zijn bang om hun baan kwijt te raken, net zoals dat gebeurde ten tijde van de ontwikkeling van de stoommachine, elektriciteit en computers. In een daaropvolgende revolutie gingen vele banen in de landbouwsector op de schop. Het implementeren van nieuwe technieken brengt veel veranderingen met zich mee, maar naast het verdwijnen van banen kan dit ook juist voor nieuwe banen zorgen (Van Den Berge & Ter Weel, 2015a). Door de overgang van de ene (technologische) ontwikkeling naar de volgende gemakkelijker te laten verlopen, is het belangrijk om vroegtijdig te anticiperen op de effecten die de veranderingen teweeg zullen brengen (Van Est & Kool, 2015). Voor de Nederlandse overheid en het bedrijfsleven zou het nuttig zijn om te weten waar in Nederland robotisering de meeste impact zal hebben op de arbeidsmarkt om hier op in te kunnen spelen met beleid en strategieën. Zullen er bepaalde sectoren, en daarmee ook bepaalde regio's gaan groeien, of juist krimpen als gevolg van robotisering? Daarnaast zal het voor werkend Nederland ook handig zijn om te weten waar zij de beste kans maken op een baan in hun werkveld en waar in Nederland de kans groot is om een baan te verliezen.

## 1.2. Een introductie op het fenomeen 'robotisering'

Robotisering doet door de naam en door het gebruik van de term door de media vermoeden dat het vooral ontwikkelingen betreft waarin robots gemaakt worden zoals we ze kennen uit films. Robots die er uitzien als mensen en zich ook zo gedragen. Dit beeld doet daardoor gelijk denken aan 'robots nemen de wereld over'. Robotisering is echter een vrij breed begrip dat meerdere onderdelen omvat. Mechanisering kan als vroege voorloper van robotisering worden beschouwd, 'het vervangen van handmatige handelingen door het gebruik van machines' (Encyclo, 2015). Met de komst en groei van computermogelijkheden is vervolgens automatisering op gang gekomen. Automatisering is een begrip wat uit het Fordisme is voortgekomen en voor het eerst gebruikt is door een leidinggevende van Ford Motor Company in 1946. Het begrip werd omschreven als: "the art of applying mechanical devices to manipulate work pieces... in timed sequence with the production equipment so that the line can be put wholly or partially under pushbutton control at strategic stations" (Carr, 2015). Automatisering gaat nog een stapje verder dan mechanisering, aangezien het een geheel proces betreft waarin ook veel van het 'denkwerk' door computers gedaan wordt, naast dat machines het gebruik van arbeidskrachten verminderen of vervangen. Doordat de machines geprogrammeerd zijn om zichzelf te bedienen is er niet of nauwelijks meer een fysieke bijdrage van mensen nodig bij deze activiteit, zoals wanneer een metaalbewerker een hulpje wordt van de machine en alleen maar hoeft toe te kijken en controleren (Carr, 2015). Er wordt ook wel van computerisering gesproken. Hiermee wordt specifiek het gebruik van ICT en computers in de automatisering bedoeld. Frey & Osborne (2013) refereren naar computerisering als automatisering van banen door het toenemende gebruik van computergestuurde apparatuur.

Er is nog geen duidelijke definitie van robotisering ontstaan, omdat het als combinatie gezien kan worden van drie onderdelen, namelijk: digitalisering, kunstmatige intelligentie en de ontwikkeling van robots (Ederveen & Van Poelvoorde, 2014). Digitalisering is het beschikbaar worden van alle mogelijke informatie in digitale vorm, zodat computers deze data kunnen lezen en gebruiken. Bij kunstmatige intelligentie wordt vervolgens betekenis gegeven aan deze beschikbare data via computers. Het vermogen van computers om dit te kunnen doen is de kunstmatige intelligentie. Daarnaast is het ontwikkelen van robots ook een onderdeel van robotisering. Hiermee worden voornamelijk machines bedoeld die het werk van menselijke arbeiders kunnen vervangen, zoals hierboven bij mechanisering en automatisering is uitgelegd. Een andere omschrijving van robotisering is "een aaneenschakeling van gemechaniseerde processen waarbij het menselijk ingrijpen steeds verder geëlimineerd wordt". Naast technische factoren spelen ook sociale en arbeidsorganisatorische factoren een rol in het proces van robotisering (Snoek, 2003). Het is lastig om duidelijk onderscheid te maken tussen de vele verschillende begrippen, die allen net iets anders betekenen. In dit onderzoek zal gesproken worden van robotisering zoals gedefinieerd volgens Snoek. Ook zal het begrip automatisering veelvuldig gebruikt worden in de context van het automatiseerbaar worden van beroepen of banen. Wanneer er over robots gesproken wordt in dit onderzoek, wordt daarmee verwezen naar diezelfde definitie, waarbij wordt bedoeld dat de robot de 'tool', machine of computer is, die ervoor zorgt dat de aaneenschakeling van gemechaniseerde processen mogelijk is met het elimineren van menselijk ingrijpen tot gevolg.

## 1.3. Relevantie

In Nederland zijn veel gegevens beschikbaar over sectoren. Zeker sinds de focus op het topsectoren beleid wordt er een ruime hoeveelheid en verscheidenheid aan cijfers bijgehouden over de Nederlandse sectoren, de werkgelegenheid, productie, groei, krimp, het aantal bedrijven binnen de sectoren en vele andere gegevens. Wat ook geregistreerd wordt is het aantal banen in alle Nederlandse regio's, maar wat nog ontbreekt is de directe link tussen welke beroepen waar in Nederland het meeste voorkomen. Een belemmering in onderzoek is daarom tot nu toe geweest dat de specifieke connectie tussen beroepen en locatie ontbreekt, terwijl dit met de sectoren als



tussenstap wel gemaakt kan worden. Een belangrijk punt om daarbij rekening mee te houden is dat er veel samenhang is tussen sectoren. De ene zijn output is de ander zijn input. Een afname of groei van een bepaalde sector als gevolg van robotisering, kan daarom ook impact hebben op andere sectoren die in de eerste instantie binnen de eigen sector weinig met robotisering te maken hebben (Vreeburg et al, 2014).

De connectie tussen baanverlies door robotisering en de locatie hiervan, is van groot belang voor beleidsvoering in Nederland en het inspelen op mogelijke veranderingen op de arbeidsmarkt die op korte en lange termijn kunnen gaan plaatsvinden. Inzicht in de effecten van robotisering op regionaal niveau kan daarnaast bijdragen aan de mogelijkheden van werknemers om zich bij- of om te scholen, of een andere richting te kiezen om hun baan te behouden of ergens anders aan het werk kunnen gaan. Overheden kunnen hierop inspelen door middel van subsidiëring en het opzetten van specifieke programma's, bijvoorbeeld ter bevordering van omscholing. Academisch gezien is er nog een gat op dit gebied. Hoewel onderzoeken zich bezighouden met automatisering en de effecten hiervan op de arbeidsmarkt, ontbreekt de locatiespecifieke connectie nog. Door middel van dit onderzoek wordt hier een eerste stap in gezet.

#### 1.4. Doel van het onderzoek

Het lijkt erop dat de laatste jaren de bezorgdheid over het vervangen worden door robots, machines en computers gestegen is en meer geuit wordt. Op nieuwsartikelen afgaande, is dit in toenemende mate ook het geval in Nederland. Om meer duidelijkheid te krijgen over hoe robotisering de Nederlandse arbeidsmarkt zal beïnvloeden de komende jaren, kan de data van Frey & Osborne (2013) op de Nederlandse arbeidsmarktsituatie geprojecteerd worden zoals Deloitte deels gedaan heeft in het rapport uit 2014. Er wordt een inschatting gemaakt van beroepen die in de toekomst geautomatiseerd kunnen worden en mogelijk zullen verdwijnen. Met deze analyse wordt echter nog niet duidelijk wat voor impact de veranderingen zullen hebben binnen specifieke sectoren in Nederland en welke regio's de meeste effecten zullen ondervinden van robotisering. Het doel van dit onderzoek is daarom een beeld te schetsen van de mogelijke toekomstige veranderingen op de arbeidsmarkt als gevolg van robotisering, bekeken voor alle regio's in Nederland.

#### 1.5. Vraagstelling

Om uiteindelijk te kunnen zeggen in waar in Nederland de robotisering de meeste impact zal hebben, zal hier via een aantal stappen naartoe gewerkt worden. Dit wordt gedaan met behulp van de volgende onderzoeksvragen:

- Welke invloed heeft robotisering op de Nederlandse arbeidsmarkt?
- Hoe is robotisering te meten?
- Welke sectoren in Nederland zullen het meeste te maken krijgen met robotisering?
- In welke regio's in Nederland bevinden de sectoren zich die effecten van robotisering ondervinden?

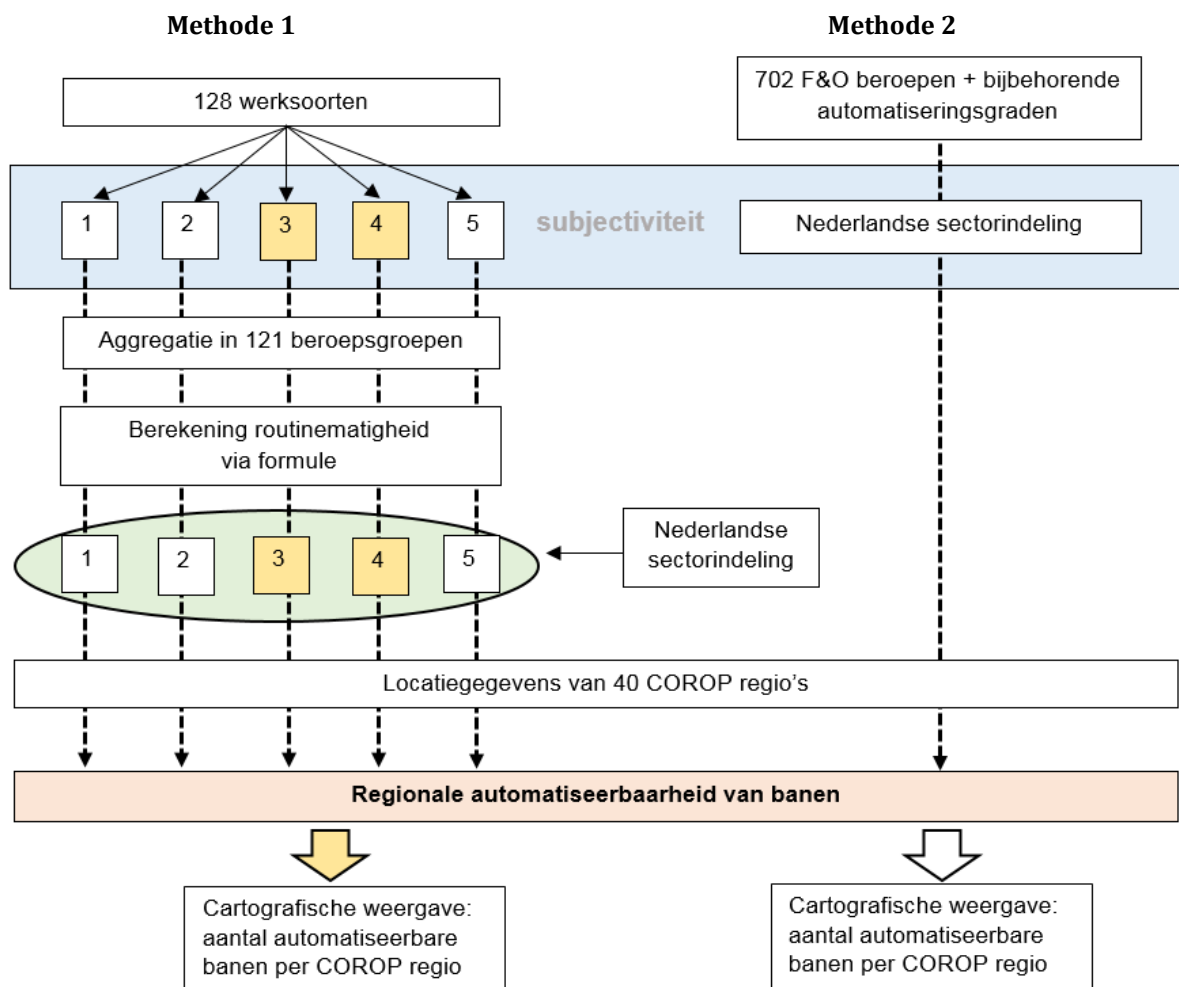
Hiermee kan een antwoord gegeven worden op de centrale vraag in dit onderzoek:

*Wat zijn de regionale arbeidsmarkteffecten van toenemende robotisering?*

### 1.6. Conceptueel model

Het onderzoek wordt uitgevoerd via twee methoden en maakt daarvoor gebruik van twee verschillende datasets. Nadat de onderzoeken zijn uitgevoerd kunnen de resultaten met elkaar vergeleken worden. Wanneer de uitkomsten van beide methoden overeenkomen vergroot dit de betrouwbaarheid van het onderzoek. Er zijn echter vele onzekerheden die meespelen bij het berekenen van de automatiseerbaarheid en het linken van beroepen aan sectoren. Ten eerste de subjectiviteit die het resultaat is van het handmatig linken van beroepen aan sectoren en het koppelen van werksoorten aan routinematigheidsgroepen. Zoveel mogelijk informatie over de beroepen, sectoren, werksoorten en routinematigheidsgroepen is voorhanden, echter blijft er sprake van persoonlijke oordelen en interpretatie door de personen die deze connecties verzorgen. Zelf check ik alle gemaakte connecties meerdere malen, waardoor uiteindelijk ook mijn eigen subjectiviteit een rol speelt bij de resultaten van het onderzoek. Daarnaast worden gegevens gebruikt van een bestaand onderzoek van Frey & Osborne. Zij berekenen automatiseringsindexen waar eveneens subjectiviteit een rol speelt, doordat een gedeelte van de beroepen handmatig wordt aangewezen als enerzijds volledig automatiseerbaar, of anderzijds niet automatiseerbaar. Voor het grootste gedeelte van de beroepen wordt aan de hand van de eigenschappen van die beroepen berekend hoe groot de kans op automatisering is. Op deze manier ben ik voor de resultaten daarvan afhankelijk van de subjectiviteit van die onderzoekers en heb ik daar zelf geen invloed op gehad.

Schematisch gezien kan het empirisch onderzoek worden weergegeven zoals in figuur 1.1.



Figuur 1.1 Conceptueel model

Figuur 1.1 toont voor beide methoden de weg die afgelegd moet worden om tot de uiteindelijke weergave te komen van de automatiseerbaarheid voor regio's in Nederland. De methoden hebben andere beginpunten. Methode 1 zal via het indelen van werksoorten in classificatiegroepen toewerken naar de connectie met routinematigheid. Vervolgens wordt dit per classificatiegroep gelinkt aan de Nederlandse sectorindeling, waardoor er een voorspelling is te maken over welke sectoren de meeste automatiseerbare banen bevatten. Daarna worden de locatiegegevens eraan toegevoegd en kan bekeken worden hoe de verspreiding van die automatiseerbaarheid eruit ziet over Nederland. Methode 2 heeft als beginpunt de 702 Amerikaanse beroepen die Frey & Osborne (F&O) hebben voorzien van automatiseerbaarheidsindexen. De beroepen worden in deze thesis ondergebracht in de Nederlandse sector die hier het beste bij past. Middels de bijbehorende automatiseerbaarheidsindexen kan vervolgens gezien worden in hoeverre de sectoren automatiseerbaar zijn, waarna de verspreiding over de regio's in beeld gebracht kan worden door het toevoegen van locatiegegevens.

## 1.7. Opbouw

De thesis is in te delen in vijf gedeeltes. Met deze paragraaf wordt het eerste gedeelte afgesloten, waarin het onderwerp en de centrale vraag geïntroduceerd is en waarin onder andere het doel en relevantie van het onderzoek besproken zijn.

Het tweede deel houdt zich bezig met de theoretische achtergrond van robotisering en de ontwikkeling ervan. In dit theoretisch kader wordt eerst aandacht besteed aan de technologische ontwikkelingen van de afgelopen jaren en wat voor veranderingen dit voor de werkgelegenheid heeft gehad. Vervolgens wordt robotisering besproken als recente ontwikkeling en de invloed van vaardigheden, taken, bewuste- en onbewuste kennis op de huidige veranderingen. Daarna wordt specifiek naar de Nederlandse arbeidsmarkt en polarisatie gekeken, en zal benoemd worden welke werkenden in Nederland te maken zullen krijgen met de gevolgen van robotisering. Als laatste van dit gedeelte zal de sectorgevoeligheid en de regionale impact van robotisering besproken worden.

Hierna wordt overgegaan naar het derde gedeelte van het onderzoek: het empirische gedeelte. In navolging van eerder uitgevoerde onderzoeken is via twee methoden een kwantitatieve databewerking uitgevoerd. Voor beide methoden zullen verschillende stappen genomen worden om te komen tot een link tussen banenaantallen per sector en de automatiseerbaarheid hiervan. Wanneer dit gedaan is worden de locatiegegevens eraan gekoppeld, zodat de regionale impact van robotisering te zien is. De uitwerking hiervan wordt in het vierde gedeelte besproken: de resultaten. Ten eerste wordt hier bekeken welke sectoren voornamelijk automatiseerbaar zijn, en daarnaast hoe de automatiseerbaarheid over Nederlandse regio's verspreid is.

Het laatste gedeelte van het onderzoek is de conclusie en bespreekt de belangrijkste resultaten die uit het onderzoek naar voren zijn gekomen. De hoofd- en deelvragen worden hierin beantwoord, waarna er kort gereflecteerd wordt op het uitgevoerde empirische onderzoek. Daarna worden enkele aanbevelingen gedaan voor vervolgonderzoek binnen dit onderwerp.

## Hoofdstuk 2

### Robotisering: technologische ontwikkelingen

Vele artikelen, boeken en andere publicaties zijn gewijd aan het fenomeen robotisering en de impact hiervan op de bevolking. Dit gaat gepaard met vele verschillende meningen. Is robotisering iets wat we moeten aanmoedigen, of is de angst om vervangen te worden gegrond en moeten we ons zorgen maken over de consequenties van de steeds verdergaande ontwikkelingen? Wie krijgen er vooral mee te maken en wat betekent het specifiek voor de Nederlandse arbeidsmarkt? In dit hoofdstuk zal gekeken worden naar de ontwikkelingen en mogelijke gevolgen van robotisering door middel van een literatuurstudie.

#### 2.1. Veranderingen in werkgelegenheid

Het toenemen van technologische ontwikkelingen en een verhoging van de arbeidsproductiviteit hebben samen gezorgd voor een toename in specialisatie. In het verleden heeft dit vooral geleid tot een groei in het aantal banen (Couzy, 2015). Recente technologische ontwikkelingen op het gebied van automatisering richten zich onder andere op robotisering, waardoor er twijfels ontstaan zijn over het effect hiervan op de werkgelegenheid. De vraag is namelijk of robotisering werkgelegenheid oplevert, of dat het juist werkgelegenheid doet afnemen. Deze twijfels worden voornamelijk veroorzaakt door de angst dat machines en computers banen zullen overnemen doordat ze productiever kunnen werken dan mensen. Arbeidsproductiviteit wordt onder andere beïnvloed door kapitaal- en arbeidsverhoudingen; wanneer de prijs van arbeid stijgt ten opzichte van de prijs van kapitaal, zal een bedrijf eerder kiezen voor een investering in machines dan in arbeid. De productie per werknemer stijgt door een afname in het aantal banen en daarmee stijgt ook de arbeidsproductiviteit. Dit hoeft echter niet automatisch te betekenen dat het bedrijf als geheel ook productiever is geworden. Vaak is het zo dat het gaat om een cyclisch patroon en zal de kapitaal-arbeidsverhouding op een later moment weer dalen, waardoor ook de arbeidsproductiviteit daalt. Als gevolg van technologische vooruitgang kan de arbeidsproductiviteit wel voortdurend blijven groeien (Huizinga & Smid, 2004). Ter illustratie, in het verleden vertoonde de landbouw- en industrie sectoren in Nederland veel arbeidsproductiviteitsgroei terwijl de zorgsector en overheidsector relatief weinig groei doormaakten op dit gebied. Huizinga en Smid (2004) verwachten dat dit zal blijven doorgaan als gevolg van de schaalvergroting die heeft plaatsgevonden in de landbouw, maar ook door de verschuiving van veehouderij naar tuinbouw, de toepassing van ICT en de inhaalmogelijkheden van de Europese technologie vergeleken met de Verenigde Staten. Vooral in de administratieve diensten wordt een productiviteitswinst verwacht door de groeiende ICT ontwikkelingen.

Tegenwoordig is het verschil in arbeidsproductiviteitsgroei kleiner aan het worden. De dienstensector werd altijd gekenmerkt door lage productiviteitsgroei omdat vele diensten persoonsgebonden interacties inhouden, zoals een kapper. Door technologische ontwikkelingen en het toepassen van ICT-technieken in de dienstensector zijn er grote productiviteitsverbeteringen mogelijk (Huizinga & Smid, 2004). Door de mogelijkheden op het gebied van internationale handel, het produceren op geografische afstand en internationale concurrentie wordt de noodzaak voor direct menselijk contact tussen klant en dienstverlener minder groot. Naast het verhogen van de productiviteit brengen technologische ontwikkelingen ook andere veranderingen met zich mee. Instituten moeten zich aanpassen, vereiste vaardigheden veranderen en er vinden innovaties plaats in organisatorische processen en modellen. Deze veranderingen kunnen zowel positief als negatief bekeken worden. Bepaalde groepen ondervinden voordelen van de ontwikkelingen doordat zij beschikken over vaardigheden die andere groepen niet hebben. Over het algemeen is de ongelijkheid

van inkomens en werkgelegenheid groter geworden, mede doordat de instituties en vaardigheden de snelle ontwikkelingen bijna niet kunnen bijbenen. Een voorbeeld is de techniek in de computerbranche die de laatste 30 jaar ontzettend hard gegroeid en verbeterd is en dit zal zich nog minstens tien jaar zo voortzetten. De computer kan inmiddels gezien worden als een universele machine die in bijna elke sector, industrie en taak gebruikt wordt (Huizinga & Smid, 2004).

Rifkin (1995) voorspelde in zijn boek 'End of Work' dat de toenemende informatietechnologie miljoenen banen in de productie-, diensten- en agricultuursectoren zou gaan kosten. Waar een klein gedeelte van de mensen, zoals managers en hooggeleerden: 'de elite', van opbrengsten en voordelen van de technologische ontwikkelingen kunnen profiteren, zal de middenklasse van de bevolking kleiner worden. Daarnaast stelt hij in zijn meer recente boek (Rifkin, 2011) dat de toegenomen productiviteit vooral geleid heeft tot het verlies van banen. Er kan meer output geproduceerd worden met minder mankracht, waardoor bij bedrijven het aantal werknemers dat ze in dienst hebben vermindert. Bedrijven hebben hierdoor hun output al kunnen verhogen met vier procent per werknemer in 2009 (Rifkin, 2011). De ontwikkeling die Brynjolfsson en McAfee (2011) 'computerisatie' noemen brengt vele veranderingen met zich mee, maar de effecten hiervan zijn niet zo pessimistisch als Rifkin beschrijft. Menselijke vaardigheden zijn juist meer van belang dan ooit, zelfs nu nieuwe technologieën ons om de oren vliegen. Daarentegen zijn er ook vaardigheden die door diezelfde technologieën overbodig zijn geworden. De werkers die daardoor hun baan verliezen hebben de race tegen de machines verloren. In plaats van te proberen de machines te 'verslaan', zouden we moeten proberen de machines voor te blijven (Brynjolfsson & McAfee, 2011).

### 2.1.1. Complementariteit

Afgezien van het verdwijnen van beroepen als gevolg van toenemende technologische ontwikkelingen en daarmee de mogelijkheid om mensen te vervangen door machines, computers en robots, kunnen er ook nieuwe banen ontstaan door diezelfde ontwikkelingen. In plaats van zich te richten op productinnovaties, kunnen bedrijven zich nu bijvoorbeeld meer focussen op procesinnovaties (Ter Weel, 2015). Doordat de productiviteit stijgt als gevolg van automatisering, dalen de productieprijsen en dit wordt doorberekend naar de consument. Prijsdalingen zorgen voor toenemende vraag, wat weer kan leiden tot een toename in het aantal banen. Ook zullen er mensen nodig blijven om de machines te ontwerpen, installeren, repareren en de benodigde software te programmeren (Car, 2015; Went & Kremer, 2015). In verscheidene sectoren is de complementariteit tussen robots en menselijke arbeid al zichtbaar, zoals in de medische sector. Er wordt steeds vaker gebruik gemaakt van machines om handelingen preciezer uit te voeren of om sneller een diagnose te kunnen stellen door gebruik te maken van een 'supercomputer' met een enorme database. Het is in veel van deze gevallen echter nog nodig om de machines aan te sturen en orders te geven, waardoor het meer als verlengstuk van de mens wordt gebruikt dan als vervanger. Hierdoor verandert echter wel het soort werkzaamheden dat bij de beroepen hoort, doordat de mensen moeten kunnen omgaan met dergelijke technologische hulpmiddelen (Hueck & Went, 2014).

Het creatieve probleemoplossend vermogen van mensen en de snelheid en efficiëntie van robots is een manier om optimaal gebruik te maken van nieuwe technologieën (Freeman, 2015). Naast de kundigheid van robots om patronen te herkennen en het in toenemende mate beschikken over complexe communicatieve vaardigheden, is de snelheid en precisie waarmee alles uitgevoerd kan worden een belangrijke troef. Waar robotisering nog niet toe in staat is gebleken, blijft de mens zich nuttig bewijzen (Brynjolfsson & McAfee, 2011).

## 2.2. De opkomst van robotisering

Vanaf de jaren 60 werd de computer vooral op universiteiten en in grote bedrijven als rekenkracht gebruikt (UWV, 2015). De komst van robots is vooral van grote invloed geworden vanaf de jaren 70, waarin steeds meer productiewerk overgenomen werd door de flexibiliteit en behendigheid van slimme machines. Niet lang daarna werden de robots ook toegepast in het bedrijfsleven door de specialisatie van software en groeiende snelheid, subtiliteit en leercapaciteit (Carr, 2015, UWV, 2015). De auteurs van het boek 'Race against the machine' (Brynjolfsson & McAfee, 2011) zijn ervan overtuigd dat wij als mensen het niet kunnen winnen van de opkomende mechanisering door de toenemende werkloosheid als gevolg van technologie. Dit boek heeft tot vele debatten geleid op het gebied van de technologische werkloosheid. De visie wordt ondersteund door verscheidene economen, onder wie Michael Spence. Spence stelt dat de toename van het aantal machines en robots die routinematige taken overnemen een erg sterke voortdurende en misschien wel versnellende trend is die vooral zichtbaar is in de mechanische en logistieke sectoren. Daarnaast worden werknemers die werken in de informatieverwerking in toenemende mate vervangen door computernetwerken (Carr, 2015).

### 2.2.1. De wet van Moore

Een trend die veelvuldig genoemd wordt als bijdragende factor aan de snelle IT ontwikkeling is de Wet van Moore. De afgelopen decennia zijn chips vele malen krachtiger geworden, waardoor computers steeds compacter, sneller en betaalbaarder zijn geworden (Van Est & Kool, 2015). Moore voorspelde vijftig jaar geleden dat de snelheid van de chips zich zou blijven verdubbelen door de exponentiële groei van het aantal transistors (onderdelen/bits) in de chip, maar tegen dezelfde kosten. De voorspelling is ontstaan als trend die Moore opviel en hij heeft deze doorgetrokken. Bepaalde bedrijven zien het echter niet zozeer als een voorspelling, maar eerder als doel om naar te streven en op basis hiervan doelgericht te investeren en onderzoek te doen. Doordat dergelijke ontwikkelingen de industriële robots al een stuk goedkoper en gemakkelijker bestuurbaar gemaakt hebben, zal het verschil tussen verdwijnende en ontstane banen als gevolg van robotisering toenemen. Robotisering zal niet voor alle werknemers hoeven betekenen dat ze hun baan verliezen, maar zij zullen mogelijk moeten inleveren op het aantal uren dat ze werken, of zullen genoodzaakt zijn over te stappen op banen die eigenlijk onder hun niveau liggen en lager betaald worden (Carr, 2015). Er zullen ook banen ontstaan als gevolg van de toenemende robotisering, maar zoals Carr stelt, kunnen we niet allemaal software programmeurs of robottechnische ingenieurs worden.

### 2.2.2. Relocatie

Wanneer in een sector het aantal banen vermindert is robotisering hier niet automatisch de oorzaak van. In de productiesector vindt nog steeds regelmatig relocatie plaats waarbij banen naar lagelonenlanden verplaatst worden. Tegenwoordig is dat echter ook niet vaak meer de oorzaak van de vermindering in het aantal banen, aangezien het totale aanbod van productiebanen al jaren aan het dalen is terwijl de output wel sterk groeit, bijvoorbeeld in een land als China dat erg gericht is op industriële productie (Carr, 2015). Daarnaast is er tegenwoordig steeds vaker sprake van 'reshoring': het terughalen van de productie uit lagelonenlanden naar het Westen. Door onder andere het stijgen van de loonkosten en transportkosten in landen zoals China, en meer internationale aandacht voor het verbeteren van arbeidsomstandigheden in lagelonenlanden, wordt robotisering in deze landen gestimuleerd en de productie teruggehaald naar het Westen (Van Est & Kool, 2015).

### 2.2.3. De menselijkheid van robots

Een terugkerend probleem is de blijvende angst van mensen dat robots hen compleet zullen vervangen op de werkvloer. Om duidelijk te maken dat computers of robots op bepaalde vlakken menselijk inzicht missen kan dit via de volgende vraagstelling uitgelegd worden:

*'De grote bal viel recht door de tafel heen, omdat het gemaakt was van piepschuim.' Wat was van piepschuim gemaakt, de grote bal of de tafel?*

Computers en robots hebben moeite met deze dubbelzinnigheid, terwijl wij als mensen direct snappen wat de context van de situatie is en aan de hand van de omschrijving kunnen inschatten wat er gebeurd is (Carr, 2015). Robotisering is nog niet ver genoeg ontwikkeld om dit soort problemen op te lossen. Wel is in de loop der jaren de ontwikkeling van robots met sprongen vooruit gegaan. Er zijn een aantal 'generaties' te onderscheiden (Van den Berge & Ter Weel, 2015b). De eerste generatie robots wordt omschreven als *trajectory controlled* en zijn vooral gericht op het uitvoeren van een gestandaardiseerde taak. Deze robots zijn vooral te vinden in fabrieken, waar ze lopende band werk uitvoeren. Ze beschikken over grote efficiëntie en zorgen voor veel productiviteitswinst, maar zijn ook gevaarlijk. De robots kunnen niet het verschil zien tussen een mensenhand of een auto-onderdeel.

De tweede generatie robots wordt omschreven als *intelligent control*. Deze robots zijn in staat om rekening te houden met hun omgeving. Zij kunnen zo ingesteld worden dat ze een steen niet op dezelfde manier kunnen vastpakken als een ei. Deze robots zijn in tegenstelling tot de eerste generatie robots in staat om hun acties aan te passen aan hun omgeving en worden daarom vooral gebruikt in de medische sector. De derde generatie robots is ontstaan uit een ontwikkeling genaamd *human enhancement*. Zelfrijdende auto's zijn hier een voorbeeld van. Preventief handelen en het verbeteren van menselijke handelingen zorgen ervoor dat domme acties worden voorkomen. Hoewel robots al vele taken van mensen kunnen overnemen blijven er voorlopig nog vaardigheden en eigenschappen bestaan van de mens die robots nog niet kunnen nabootsen (Van den Berge & Ter Weel, 2015b).

## 2.3. Vaardigheden en taken

Een taak is een eenheid van werkactiviteit waarmee output geproduceerd wordt in de vorm van producten of diensten. Vaardigheden zijn het vermogen en de bekwaamheid van een werker om bepaalde taken uit te voeren. Deze vaardigheden worden door werkers ingezet om taken uit te voeren in ruil voor loon. Wanneer een werker de beschikking heeft tot een bepaald niveau van vaardigheden kan dit een stabiele basis vormen om veranderingen in de arbeidsmarkt en technologische ontwikkelingen op te vangen (Acemoglu & Autor, 2010). Voor het begrijpen van de impact van technologische ontwikkelingen op werkgelegenheid en de arbeidsmarkt, is een passend kader nodig waarbij veranderingen in de allocatie van vaardigheden naar taken bekeken kan worden. Bepaalde banen kunnen een verandering doormaken in het benodigde takenpakket en daardoor andere vaardigheden toegewezen krijgen (Autor et al, 2003). Taken die door de technologische ontwikkelingen van de laatste jaren ook kunnen worden uitgevoerd door robots kunnen in veel gevallen de menselijke werkers vervangen. Daarnaast zijn robots ook steeds vaker ontwikkeld als hulpmiddel bij het uitvoeren van complexere taken, die (nog) niet compleet door machines en computers uitgevoerd kunnen worden (Autor et al, 2003). Rifkin (2011) denkt dat de komende jaren een nieuwe generatie van robots zal verschijnen en vele plaatsen zal innemen op de arbeidsmarkt. Zij zullen naar verwachting beschikken over menselijke mobiliteit, cognitieve vaardigheden en het vermogen om te reageren en reflecteren op menselijke gedragingen. Vooral de informatietechnologie heeft ervoor gezorgd dat routinematige taken veelal door robots uitgevoerd kunnen worden. Daarnaast heeft de communicatietechnologie vooral diensten geautomatiseerd en de coördinatie van werk en arbeidsdeling goedkoper gemaakt (Ter Weel & Kok, 2013).

### 2.3.1. Routinematige taken

Niet-routinematige cognitieve taken omvatten onder andere flexibiliteit, creativiteit, complexe communicatie en probleemoplossendheid. Dit zijn taken die nog niet door computers overgenomen kunnen worden (Autor et al, 2003). Bij het ontwikkelen van computers en machines werden zij in toenemende mate ingezet om routinematige taken uit te voeren zoals rekenen, archiveren en administreren. Ook het uitvoeren van de non-routinematige taken door werknemers verhoogde de productiviteit, doordat deze taken met behulp van de computers en machines sneller, efficiënter en veiliger uitgevoerd konden worden. Er zijn daarvoor echter minder menselijke arbeidskrachten benodigd. Het soort routinematig werk dat veelal is overgenomen door computers en machines wordt gekenmerkt door werk dat gebaseerd is op regels en instructies, in het bijzonder het uitvoeren van berekeningen en het analyseren of bewerken van data (Autor et al, 2003; Ter Weel, 2012). Op basis hiervan is de verwachting dat banen met veel routinematige werkzaamheden automatiseerbaar zullen zijn. Hierbij wordt gedacht aan administratieve banen, maar bijvoorbeeld ook 'eenvoudig' lopende band werk, kassières, het inpakken van producten of het besturen van een voertuig.

### 2.3.2. Globalisering

De veranderingen in het uitvoeren van taken en het ontwikkelen van vaardigheden heeft een impact op globale schaal. Globalisering is een trend die wordt versterkt door de toenemende mogelijkheden van informatisering via communicatietechnologieën (Den Butter & Mihaylov, 2013). De toenemende mogelijkheid voor robots om taken uit te voeren zorgt voor snelgroeiende ontwikkelingen in ICT, wat bijdraagt aan een vergemakkelijking van coördinatie en communicatie. Dit op zijn beurt vermindert de kosten van handelstransacties en de organisatorische aspecten rondom productie en transport. De ontwikkelingen gaan niet zonder impact aan de globale arbeidsmarkt voorbij en ook in Nederland heeft dit veel invloed op de beroepenstructuur en benodigde vaardigheden voor het in stand houden van allerlei soorten bedrijvigheid. Een merkbare verandering is een afname van bepaalde beroepen, maar tegelijkertijd ook het ontstaan van nieuwe soorten werkgelegenheid. ICT ontwikkelingen kunnen er bijvoorbeeld voor zorgen dat röntgen scans beter leesbaar zijn, wat waardoor dat de radiologen minder kennis nodig hebben om ze te kunnen lezen. Daarnaast zijn scans gemakkelijk en snel op te sturen naar radiologen over de hele wereld, zodat honderden kilometers ver weg de scan beoordeeld kan worden. Op deze manier vergroot de ICT de efficiëntie en concurrentie op de markt enorm en de prijzen van de scans dalen. Radiologen kunnen daardoor een gedeelte van hun taken verliezen (Levy, 2008). Een andere merkbaar gevolg van technologische ontwikkelingen en de relatie hiervan met globalisatie is het uitvoeren van bepaalde taken in andere landen. Voor bedrijven kan dit soort uitbesteding goedkoper zijn. Dit is vooral een trend bij de middelopgeleiden, doordat hun taken vaak relatief eenvoudig te automatiseren zijn (Ter Weel & Kok, 2013). Globalisering heeft ervoor gezorgd dat de routinematige taken die behoren bij een beroep elders uitgevoerd kunnen worden. Als gevolg daarvan kunnen werknemers die de niet-routinematige beroepen uitvoeren hiervan profiteren in eigen land, doordat dit taken zijn die niet uitbesteed worden. Hierdoor heeft globalisering een directe relatie met de technologische ontwikkelingen die te maken hebben met het automatiseren van banen. Den Butter & Mihaylov (2013) concluderen in hun publicatie dat vooral de niet-routinematige en interactieve vaardigheden van groter belang worden, waardoor de kennisintensiviteit van beroepen toeneemt. Achter elke vaardigheid en taak zit een bepaalde soort- en hoeveelheid aan kennis. Er is hierbij onder andere onderscheid te maken tussen onbewuste kennis en bewuste kennis.



## 2.4. Onbewuste en bewuste kennis

Het onderscheid tussen onbewuste en bewuste kennis (*tacit* en *explicit knowledge*) is van belang om het vermogen van computers en robots te begrijpen (Carr, 2015). Onbewuste kennis refereert naar alles wat we doen zonder erbij na te denken, zoals fietsen, een boek lezen, auto rijden en het vangen van een bal. Deze vaardigheden moet je leren en sommige mensen zijn er beter in dan anderen. Het gaat hierbij om abstracties en het doen van deze activiteiten gebeurt voor het grootste deel buiten je bewustzijn om (Ekbia, 2014). Naast onbewuste kennis heb je nog de bewuste kennis. Deze kennis is declaratief; je kunt stap na stap uitleggen wat je aan het doen bent, bijvoorbeeld door middel van mondelinge instructies. Dit soort activiteiten zijn het vervangen van een lekke band, het vouwen van een origami figuur of het oplossen van een wiskundig probleem (Carr, 2015).

Doordat software vooral bestaat uit een combinatie van instructies die in bepaalde stappen gevolgd wordt, werd er lange tijd gedacht dat computers en robots nooit de onbewuste kennis zouden kunnen repliceren. De al eerder genoemde ontwikkeling van een zelfrijdende auto markeerde een doorbraak die de grens tussen bewuste en onbewuste kennis verschoof. Dit betekent niet dat robots nu beschikken over onbewuste kennis, maar wel dat zij steeds kundiger worden in het nabootsen van onze resultaten, zonder de menselijke vermogens of manieren zelf uit te voeren. Kortom, de manieren die mensen gebruiken om via onbewuste kennis tot een bepaald eindresultaat te komen, leiden tot dezelfde resultaten als die van robots. Alleen komen robots er via andere stappen. Door deze ontwikkeling nemen robots niet het werk over van mensen, maar wel vele taken die onderdeel zijn van de banen en de manier waarop deze banen worden uitgevoerd (Carr, 2015).

## 2.5. Nederlandse arbeidsmarkt

De dynamiek van de arbeidsmarkt in Nederland wordt nauwlettend gevolgd door instanties zoals het CBS. Veranderingen in het aantal arbeidskrachten per regio kunnen vaak voor een groot deel verklaard worden uit trends als verstedelijking, interregionale migratie en fluctuaties in economische groei (CBS, 2015e). In toenemende mate wordt in analyses ook rekening gehouden met de effecten van robotisering. Afgezien van mogelijk banenverlies, wordt ook een toename in ongelijkheid tussen werknemers waargenomen op basis van de vaardigheden waarover zij beschikken. Om de technologische ontwikkelingen te kunnen bijbenen is het daarom noodzakelijk dat er op het gebied van onderwijs en zelfontwikkeling geïnvesteerd wordt. In de VS lijkt het tot nu toe alsof dit nog niet genoeg gebeurt; de educatieve vooruitgang is gestopt, resulterend in lagere lonen en minder werkgelegenheid (Brynjolfsson & McAfee, 2012). In Nederland is al jaren een overgang zichtbaar naar meer flexibele werkvormen. Een indirecte consequentie van deze trend, samen met de groei van robotisering, is dat flexwerkers significant minder kans hebben om (om)geschoold te worden door het bedrijf waar ze bij werken. Daarnaast zijn vooral laagopgeleiden vertegenwoordigd onder flexwerkers. Er heerst een bepaalde mate van techniek-angst in Nederland, waarbij men probeert banen te behouden door de arbeid goedkoop en flexibel te maken, in plaats van te investeren in robotisering en dit als vooruitgang te zien (CBS, 2015e).

De grootschalige industrialisatie in de jaren 60 en 70 leidde vooral tot het verdwijnen van banen aan de onderkant van de arbeidsmarkt in de industriële sector, en deze trend is verder doorgezet. Ongeveer een kwart van de mannelijke Nederlandse beroepsbevolking werkt nog maar in de industrie in 2012, terwijl dit bijna 40% was in 1981 (Ter Weel, 2012). Hoewel er in het verleden vooral een toename was in werkloosheid onder laagopgeleiden door ontwikkelingen in de offshoring en groei in automatisering, is er de afgelopen jaren vooral stijgende werkloosheid waargenomen onder de middelopgeleide beroepsbevolking. Dit zijn banen met veel routinetaken en het lijkt erop dat de economische crisis een drijfveer is geweest voor bedrijven om werkprocessen verder te automatiseren of uit te besteden (Brynjolfsson & McAfee, 2012). Hierdoor is de focus de laatste jaren komen te liggen op het effect van technologische ontwikkelingen op het veranderen van vaardigheden voor de banen. In Nederland zijn twee ontwikkelingen zichtbaar die hiermee te maken

hebben. Het opleidingsniveau van de beroepsbevolking is gestegen (CBS, 2015b) en daarnaast is de relatieve vraag naar hooggeschoolde arbeiders aan het toenemen als gevolg van technologische ontwikkelingen (Ter Weel, 2012). Ook het Centraal Planbureau laat zien dat er een grotere vraag is naar hoogopgeleiden (CPB, 2015). De vraag is zelfs groter dan er wordt aangeboden, waardoor het relatieve loon van hoogopgeleiden gestegen is. Dit is echter niet het geval voor laag- en middelopgeleiden. Automatisering en verplaatsing naar het buitenland worden als redenen genoemd voor het lagere banenaanbod in het laagsegment van de arbeidsmarkt. Voor de loonverdeling is eveneens de meer recente daling in het aantal banen in het middensegment opgemerkt. Deze trend is niet alleen in Nederland, maar ook in vele andere Europese landen zichtbaar. Een groei in het aantal banen wordt waargenomen aan zowel de boven- als onderkant van de loonverdeling tussen 1998 en 2010. Institutionele veranderingen blijken hier geen invloed op te hebben gehad, zowel het minimumloon als de vakbonden hebben de veranderingen niet veroorzaakt. Technologische veranderingen worden aangedragen als belangrijkste factor aan de vraagzijde van de arbeidsmarkt (Ter Weel, 2012).

### 2.5.1. Polariseratie

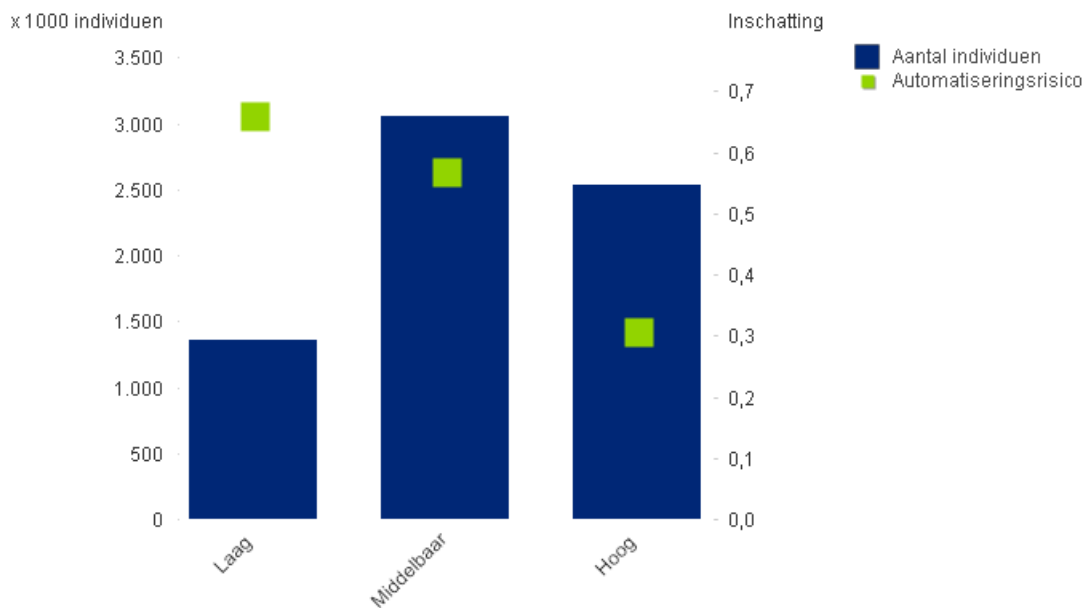
Een trend die op de Nederlandse arbeidsmarkt zichtbaar is, is polarisatie. Technologische ontwikkelingen zorgen er over het algemeen voor dat welvaart stijgt, maar de welvaart is niet gelijkmatig verdeeld. Naast de verminderde vraag naar middelopgeleiden is er ook een toenemende inkomensongelijkheid tussen hoog- en laagopgeleiden (Autor et al, 2003). Sinds de jaren 90 is de relatieve werkloosheid van middelopgeleiden hoger geworden vergeleken met hoogopgeleiden (Ter Weel, 2012). De polarisatietrend die hieruit volgt is terug te leiden naar twee belangrijke aspecten. Ten eerste stijgt de vraag naar hoogopgeleiden meer dan het aanbod, onder andere als gevolg van toenemende technologische ontwikkelingen en een groei in de complexiteit van beroepen. Tegelijkertijd stijgen de vraag en het aanbod van laagopgeleiden niet. De lonen van hoogopgeleiden stijgen harder dan die van laagopgeleiden, waardoor loonongelijkheid toeneemt. Ten tweede is het werkloosheidspercentage van laagopgeleiden vrijwel altijd al hoger geweest dan die van middelopgeleiden. Er is echter een verschuiving zichtbaar waarin de werkloosheidscijfers van de middelopgeleiden steeds verder afwijken van de werkloosheidscijfers van hoogopgeleiden, terwijl beide groepen vrijwel altijd op gelijke afstand bevonden van de werkloosheidscijfers van de laagopgeleiden. Er kan nog niet van een echte trend gesproken worden, maar het lijkt alsof de werkloosheid van middelopgeleiden aan het stijgen is en dichterbij het percentage van werkloosheid van laagopgeleiden komt te liggen (CPB, 2015).

### 2.5.2. Niveau en beroepsverdeling

Kijkend naar de niveaoverschillen van beroepen zijn hoogopgeleiden in grote mate bezig met het uitvoeren van analytische en interactieve taken, complementair aan computertechnologie. Beroepen van middelopgeleiden bevatten voornamelijk routinematige taken. Voor laagopgeleiden zijn tegengestelde bewegingen zichtbaar. Aan de ene kant worden zij vervangen door robots door de hoge mate aan routinematige taken, maar aan de andere kant is er aan de onderkant van de arbeidsmarkt een groeiende vraag naar dienstverlening met een groot aandeel interactieve taken. Hierdoor is er complementariteit tussen laagopgeleiden en robots (UWV, 2015). De beroepen op alle opleidingsniveaus met interactieve taken, zoals sportinstructeurs, sociale werkers en docenten secundair onderwijs zijn niet goed automatiseerbaar en zijn daardoor relatief veilige beroepen (Van Den Berge & Ter Weel, 2015a).

De afname in het aantal banen in het middensegment is ook in de Verenigde Staten zichtbaar. Na het omzetten van de resultaten van Frey & Osborne (2013), waardoor deze toe te passen zijn op de Nederlandse arbeidsmarkt, komt Deloitte (2014) tot de conclusie dat vooral administratieve en dienstverlenende functies een groot risico lopen om te verdwijnen. Dit zijn beroepen met een mbo,

havo of vwo niveau, zoals verkopers, fastfoodmedewerkers en postsorteerders. Op een hoger niveau, hbo en wo, zijn het beroepen in specialistische bedrijfsbeheer & administratie en vakspecialistische beroepen zoals taxateurs en opzichters, die automatiseerbaar zijn. Deze beroepen scoren vooral hoog op het lijstje omdat veel personen werkzaam zijn binnen deze functies. De grootste impact van robotisering wordt voorspeld in het middensegment van de beroepsbevolking. Dit beroepsniveau heeft een lager automatiseringsrisico dan de laagopgeleiden zoals berekend door Deloitte via Frey & Osborne (2013), maar doordat het overgrote deel van de Nederlandse bevolking een middelbaar opleidingsniveau heeft, is dit de groep die relatief gezien het hardst getroffen zal worden door toenemende robotisering (Deloitte, 2014). Dit is weergegeven in figuur 2.1.



Figuur 2.1 Aantal individuen per opleidingsniveau en de automatiseringsrisico's bij elk niveau (Deloitte, 2014).

Om de verdeling van middelopgeleiden over beroepsgroepen in te schatten, wordt de verdeling van het aantal werkzame personen binnen dit opleidingsniveau over Nederlandse beroepen bekeken. De data van het CBS in tabel 2.1 laat zien dat verreweg de meeste middelopgeleiden werkzaam zijn als administratief personeel (kassières, postsorteerders, baliemedewerkers, personeelsadministratie etc.), daarna als verkopers en medewerkers persoonlijke dienstverlening (kappers, conciërges, koks, barpersoneel etc.)(CBS Statline, 2016b).

Beroepen van middelopgeleiden in Nederland	Werkenden x 1000
Administratief personeel	429
Verkopers	341
Medewerkers persoonlijke dienstverlening	256
Verzorgenden	176
Vakspecialisten gezondheidszorg	142
Vakspecialisten bedrijfsbeheer en administratie	135
Bouwarbeiders	133
Bestuurders voertuigen en bedieners mobiele machines	127
Metaalarbeiders, machinemonteurs	112

Tabel 2.1 Aantal middelopgeleide werkenden per beroepsgroep (CBS Statline, 2016b)

De beroepen in tabel 2.1 zouden op basis van opleidingsniveau en het voorkomen hiervan in Nederland daarom erg gevoelig kunnen zijn voor robotisering. Afgezien van de medewerkers persoonlijke dienstverlening, verzorgenden en vakspecialisten gezondheidszorg, zijn het allen

beroepen die veel routinematige taken en vaardigheden bevatten. Dit versterkt het vermoeden dat veel van de beroepen in bovenstaande tabel automatiseerbaar zijn. Om een inschatting te kunnen maken van waar in Nederland de impact hiervan het grootst zal zijn, kan gekeken worden naar de verdeling van beroepen over Nederlandse regio's. Deze gegevens zijn er niet op beroepsniveau, maar wel op sectorniveau.

## 2.6. Regionale effecten

Afgaande op de vorige paragrafen is meer duidelijkheid gekomen over welke soort banen gevoelig zijn voor robotisering en door wie deze beroepen voornamelijk worden uitgevoerd. Er zijn in Nederland geen gegevens beschikbaar over de verspreiding van beroepen over regio's, maar wel over het niveau van routinematige taken en banen, en het bijbehorende opleidingsniveau voor alle regio's. Door deze gegevens te bekijken kan de inschatting alsnog gemaakt worden van welke regio's gevoelig zijn voor robotisering.

Het CBS gebruikt een indeling op basis van ISCO-niveaus als maatstaf voor de complexiteit en omvang van taken die behoren bij beroepen (CBS Statline, 2016c). Er zijn vier niveaus, waarbij vanaf niveau 1 naar 4 de mate van complexiteit toeneemt en daarbij de routinematigheid afneemt. Een uitleg bij alle niveaus en het voorkomen hiervan in de Nederlandse COROP regio's is kort uiteengezet in box 2.1.

### Box 2.1 Vier ISCO-niveaus en het voorkomen ervan in de COROP regio's

Niveau 1	Alle 40 COROP regio's hebben slechts een klein aantal personen die werkzaamheden van dit niveau uitvoeren. Dit zijn werkzaamheden die eenvoudige routinematige taken bevatten en enkel elementair of lager onderwijs vereisen. Afgaande op de routinematigheid en eenvoudigheid van de taken zullen deze werkzaamheden gevoelig zijn voor robotisering. De verwachting is daarom dat een groot gedeelte van deze werkzaamheden zal verdwijnen, waardoor de beroepen die veel van deze werkzaamheden bevatten eveneens gevaar lopen te verdwijnen. Echter, doordat het aantal mensen dat deze werkzaamheden uitvoert in elke regio relatief klein is, zal de impact hiervan niet groot zijn.
Niveau 2	Op twee regio's na hebben alle COROP regio's absoluut en relatief gezien de meeste personen die werkzaamheden binnen dit niveau uitvoeren. Deze werkzaamheden zijn weinig tot middelmatig complex en vereisen een laag- tot middelbaar onderwijsniveau. Hierdoor zal de automatiseerbaarheid van de beroepen die veel werkzaamheden uit deze groep bevatten naar verwachting groot zijn.
Niveau 3	Werkzaamheden binnen dit niveau bevatten complexe taken en vereisen een middelbaar tot hoog opleidingsniveau. Alle regio's bevatten ongeveer een gelijk aantal werkzaamheden behorende bij dit niveau. Door de complexiteit en daardoor niet-routinematigheid van de werkzaamheden worden zij als weinig automatiseerbaar gezien.
Niveau 4	Utrecht en Groot-Amsterdam zijn de twee regio's die absoluut gezien de meeste personen hebben met werkzaamheden binnen dit niveau. Werkzaamheden binnen dit niveau zijn zeer complex en gespecialiseerd, en worden daardoor als niet-automatiseerbaar gezien. Er is hoger of wetenschappelijk onderwijs voor benodigd.

Box 2.1 Vier ISCO-niveaus en het voorkomen ervan in de COROP regio's (CBS Statline, 2016c)

Het grote aantal werkzaamheden in niveau 2 bij alle regio's reflecteert een grote gevoeligheid voor robotisering bij beroepen in de dienstensector. Daarnaast behoren tot dit niveau ook veel beroepen

in 'bouwnijverheid' en 'vervoer en opslag'. Beroepen die voornamelijk uit de werkzaamheden die behoren bij niveau 2 bestaan, zijn bijvoorbeeld secretaresses, archiefmedewerkers, boekhouders, callcenter medewerkers en bankbedienden. De taken van deze werkzaamheden kunnen in grote mate geautomatiseerd worden (Rifkin, 2011). Dergelijke beroepen zijn echter erg verspreid over meerdere sectoren, waardoor dit naar verwachting niet in één specifieke sector als groot verlies terug te zien zal zijn. Beroepen binnen niveau 1 die gevaar lopen om te verdwijnen zullen zich grotendeels in de sector 'detail- en groothandel' bevinden. Het gaat om beroepen als kassières, distributiewerknemers en werknemers die achter de schermen in de opslagplaatsen werken (Rifkin, 2011). Sectoraal gezien zal dit naar verwachting een grote impact hebben. Regionaal gezien is de verdeling van de werkzaamheden die bij niveau 1 behoren echter erg verspreid (CBS Statline, 2016c), waardoor dit niet duidelijk in de ene regio meer terug te zien zal zijn dan in een andere regio.

Relatief gezien zijn het de kleinere regio's die meer dan de helft van hun banen in niveau 2 hebben zitten, zoals Oost-Groningen, Delfzijl en omgeving, Zuidwest-Friesland en Zuidoost-Drenthe. De verwachting is daarom dat deze regio's relatief gezien veel banen kunnen verliezen door toenemende robotisering. Absoluut gezien zijn de banenaantallen in deze regio's erg klein vergeleken met de regio's in bijvoorbeeld de Randstad. Daarom zullen ze absoluut gezien niet veel automatiseerbare banen bevatten vergeleken met de meer omvangrijke regio's. Het zijn wel juist die grotere regio's zoals Groot-Amsterdam, Utrecht en Groot-Rijnmond die in niveau 2 absoluut gezien de meeste banen hebben. Hierdoor is te verwachten dat zij veel automatiseerbare banen bevatten. Deze regio's hebben absoluut gezien ook een erg groot aantal banen in niveau 4 zitten. Zoals box 2.1. toelicht, is dit het niveau met de complexe en niet-routinematige werkzaamheden. Daarom zullen deze regio's relatief gezien minder hoog eindigen.

## 2.7. Conclusie

Het vervangen van routinematige taken door machines is voor een groot deel de reden voor het verdwijnen van beroepen. Veel beroepen van laagopgeleiden zijn automatiseerbaar doordat deze een grote hoeveelheid aan routinematige taken en vaardigheden bevat. Echter zijn het absoluut gezien voornamelijk werknemers die middelhoog opgeleid zijn die het hardst getroffen worden, doordat de beroepen van deze werknemers vele routinematige vaardigheden en taken bevat, maar daarnaast bestaat de Nederlandse arbeidsmarkt voor het grootste gedeelte uit middelopgeleiden. Een regionale voorspelling van een mogelijke afname van banen binnen de regio's is op basis van de ISCO-niveau indeling gedaan. De vier niveaus geven de complexiteit en routinematigheid van werkzaamheden aan, waarbij met name niveaus 1 en 2 in verband kunnen worden gebracht met het automatiseerbaar worden van banen die deze werkzaamheden bevatten. Op basis hiervan wordt voorspeld dat de sectoren 'vervoer en opslag' en 'bouwnijverheid' vele automatiseerbare banen bevatten. Daarnaast zijn ook de administratieve beroepen gevoelig voor robotisering, alleen behoren dergelijke beroepen niet onder één specifieke sector. Het effect van de automatiseerbaarheid daarvan zal zich daarom niet duidelijk concentreren in een sector. Regionaal bekeken hebben vooral regio's in de Randstad veel banen in de routinematige niveaus zitten, waardoor het de verwachting schept dat deze regio's absoluut gezien veel automatiseerbare banen bevatten. Relatief gezien zijn het echter juist de kleinere regio's zoals Oost-Groningen en Zuidwest-Friesland die een groot gedeelte van de banen in de routinematige niveaus hebben zitten, waardoor voor die regio's een grote impact verwacht wordt van robotisering.

## Hoofdstuk 3

### Methodiek voor de robotisering van banen

Om de verwachtingen uit hoofdstuk 2 na te kunnen gaan en hiervoor de regionale effecten van robotisering in kaart te kunnen brengen, zijn twee stappen van belang. Ten eerste moeten beroepen geïnclassificeerd worden naar hun gevoeligheid voor automatisering. Ten tweede moeten de geografische patronen van deze beroepen in beeld worden gebracht.

De link tussen beroepen en locatie die we nodig hebben voor het onderzoek kan met Nederlandse data niet eenvoudig gelegd worden, aangezien er geen gegevens zijn over hoeveel banen van elk beroep waar in Nederland voorkomt. Deze gegevens zijn er echter wel op sectorniveau. Daarom zal voor beide onderdelen via een tussenstap de link alsnog gemaakt kunnen worden. Hier is een classificatie voor nodig waarbij beroepen ondergebracht worden in een sectorenindeling die in Nederland gehanteerd wordt. Beide onderdelen gebruiken een verschillende manier om tot de sectorgegevens te komen. Twee bestaande onderzoeken worden bewerkt, waarbij kwantitatieve analyses zullen leiden tot twee voorspellingen over de gevoeligheid voor automatisering, waarna vervolgens voor beide analyses de geografische patronen in kaart worden gebracht.

Wanneer uit beide onderdelen eenzelfde soort voorspelling naar voren komt vergroot dit de betrouwbaarheid van de uitkomsten, ondanks dat er vele stappen en onzekerheden een rol spelen in het onderzoek. Subjectiviteit speelt in beide methoden een rol, namelijk door het toekennen van werksoorten aan classificatiegroepen in methode 1, en het onderbrengen van beroepen in sectoren in methode 2. Door de grote hoeveelheid aan keuzes die gemaakt moeten worden en de vele mogelijkheden voor die keuzes is het belangrijk goed te verantwoorden waarom er voor een bepaalde richting gekozen is. De oorsprong van de twee methoden zal hieronder kort toegelicht worden, waarna in de volgende paragrafen de bewerkingen van de datasets stap voor stap besproken worden.

Frey & Osborne (2013) hebben met hun onderzoek 702 beroepen in Amerika gecategoriseerd op basis van de waarschijnlijkheid om overgenomen te worden door computers. Door middel van O\*Net, een Amerikaanse database waar de karakteristieken per beroepssoort zijn bepaald, hebben zij de beroepen gecategoriseerd. Met behulp van het onderzoek van Autor et al (2003) naar de bruikbaarheid van computers voor routinematige- en non-routinematige taken, hebben Frey & Osborne de berekening enigszins aangepast omdat de hedendaagse technologie inmiddels een stuk verder is ontwikkeld vergeleken met 2003, en computers naast routinematige taken ook steeds meer non-routinematige taken kunnen overnemen. Daaruit is een rangschikking gekomen die alle 702 beroepen een getal tussen 0 en 1 meegeeft, waarbij 1 betekent dat het beroep voor 100% vervangbaar kan worden door computers. Om niet volledig op subjectiviteit te rangschikken, is eerst handmatig voor 70 beroepen aangegeven welke waarde ze hebben: 1 is volledig automatiseerbaar en 0 is niet automatiseerbaar. Daarna is de rest van de 632 beroepen via een door hen zelf ontworpen algoritme voorspeld, rekening houdend met 9 beroepskenmerkende variabelen. Frey & Osborne concluderen dat 47% van de totale huidige werkgelegenheid in de Verenigde Staten overgenomen kan worden door computers in de toekomst. Hun analyse neemt niet mee dat er door robotisering ook weer nieuwe beroepen kunnen ontstaan (Frey & Osborne, 2013). Aangezien in Amerika een andere beroepenindeling gehanteerd wordt dan in Nederland, heeft Deloitte de resultaten vertaald naar de in Nederland gebruikte beroepsgroepenindeling ISCO. Zij hebben een link gemaakt met het aantal personen werkzaam in deze beroepen via CBS statistieken om op die manier iets te kunnen zeggen over de impact van robotisering op Nederlandse beroepen. Deloitte komt met de schatting dat er tussen de 2 en 3 miljoen banen in Nederland zullen verdwijnen (Deloitte, 2014).

Den Butter & Mihaylov (2013) hebben een soortgelijk onderzoek uitgevoerd met Nederlandse data, waarbij Nederlandse beroepen gekoppeld zijn aan werksoorten en bijbehorende vaardigheden. De werksoorten en beroepen waar ze toe behoren werden toegewezen aan een van vijf classificatiegroepen, waardoor er onderscheid gemaakt wordt tussen het wel of niet routinematige karakter van de beroepen. Op basis hiervan is gekeken naar welke beroepen er zullen afnemen als gevolg van de routinematigheid. De classificatiegroepen zijn gebaseerd op een formule en een classificatie indeling behorend bij het onderzoek van Spits-Oener (2006).

### Introductie werkwijze

- Het eerste onderdeel (hierna benoemd als 'methode 1') is gebaseerd op het onderzoek van Den Butter & Mihaylov (2013). In dit gedeelte wordt gebruikt gemaakt van een classificatie van werksoorten, waarna via een classificatie van routinematigheid voor alle beroepsgroepen een automatiseerbaarheidsindex uitgerekend kan worden. Om tot de uiteindelijke regionale verspreiding van automatiseerbare banen te komen, wordt een tussenstap gebruikt door voor alle sectoren in Nederland de automatiseerbaarheid te berekenen. Die gegevens worden vervolgens gekoppeld aan CBS data en locatiedata voor het aantal banen per COROP regio, zodat per regio te zien is hoe groot de gevoeligheid van banen voor robotisering is.
- Het tweede onderdeel (hierna benoemd als 'methode 2') is gebaseerd op het onderzoek van Frey & Osborne (2013). In dit gedeelte wordt handmatig een connectie gemaakt tussen beroepen en de bijbehorende sector. De beroepen die gebruikt worden zijn al aan de automatiseerbaarheidspercentages van Frey & Osborne gekoppeld vanuit het oorspronkelijke onderzoek. Nadat de connectie gemaakt is tussen beroepen en sectoren, wordt dit aan CBS data over de werkzame beroepsbevolking en aan locatiedata gelinkt, zodat er per COROP regio gekeken kan worden naar de automatiseerbaarheid en de gevoeligheid van banen voor robotisering.

Beide onderdelen van het empirisch onderzoek hebben als uiteindelijke doel om te weten te komen waar in Nederland, volgens deze voorspellingen, de meeste banen mogelijk kunnen verdwijnen als gevolg van robotisering. Doordat beide delen van het empirisch onderzoek uitkomen op de mate van automatiseerbaarheid van Nederlandse beroepen in de regionale impact hiervan op het aantal banen, maar op verschillende manieren verkregen zijn, is een vergelijking tussen beide methoden goed te maken.

Voor de methoden worden verschillende datasets gebruikt. Bijlage 2 geeft hier een overzicht van weer. Er wordt gebruik gemaakt van de Standaard Beroepenclassificatie (SBC editie 1992) en niet de meest recente beroepenclassificatie (BRC-2014, welke afgeleid is van ISCO-2008), omdat enkel in de SBC editie uit 1992 de koppeling tussen werksoorten en vaardigheden wordt gemaakt. Deze koppeling is benodigd om de werksoorten te kunnen classificeren. De indeling van 38 sectoren wordt aangehouden door de Standaard Bedrijfsindeling (SBI) en is verkregen via het rapport Enquête beroepsbevolking uit 2011 (CBS, 2011). Deze lijst van sectoren van de SBI is in 2008 geactualiseerd en is gebaseerd op de indeling van de Europese Unie en de Verenigde Naties (CBS, 2015c).

Van invloed op de betrouwbaarheid van methode 1 is de tussenstap via sectoren die gemaakt moet worden om de automatiseerbaarheid te kunnen berekenen. Daarnaast wordt in de publicatie van Den Butter & Mihaylov niet uitgelegd hoe de link tussen werksoorten en de Spits-Oener classificatie van vijf classificatiegroepen gemaakt is. Hierdoor is geen goed beeld te vormen van de manier waarop dit gebeurd is en kan dit niet verantwoord worden. Om die reden is ervoor gekozen om in dit onderzoek de classificatie zelf ook uit te voeren om de daarbij gemaakte keuzes te kunnen verantwoorden.

Een voordeel aan de O\*Net database, die gebruikt is voor de basisgegevens voor methode 2, is dat de taken die behoren bij elk beroep erg specifiek en gedetailleerd beschreven zijn, wat het

gemakkelijker maakt om de automatiseerbaarheid van de beroepen in te schatten, ondanks de subjectiviteit die hierbij een rol speelt. Het nadeel is echter dat het Amerikaanse beroepen betreft en wat de vertaling naar Nederlandse sectoren lastig maakt omdat de beroepen niet altijd overeenkomen. De overwegingen die hierbij gemaakt zijn worden besproken in paragraaf 3.2.

### 3.1. Methode 1

#### Berekening van de automatiseerbaarheidsindexen

Een methode om de automatiseerbaarheid van beroepen te linken aan regio's in Nederland is via een classificatie op basis van routinematigheid. Deze methode is gebaseerd op de analyse van Den Butter & Mihaylov (2013) waarbij 128 werksoorten worden geclassificeerd om te kunnen bepalen in welke mate beroepen als routinematig te beschouwen zijn. In beroepsgroepen zijn alle afzonderlijke beroepen die vergelijkbaar zijn met elkaar geclusterd in groepen. Deze beroepsgroepen worden in hun onderzoek gekoppeld aan werksoorten die op basis van de bijbehorende vaardigheden ondergebracht zijn in vijf groepen die de routinematigheid aangeven. Via die groepering wordt berekend in hoeverre de beroepsgroepen als routinematig beschouwd kunnen worden.

Dit thesisonderzoek verschilt van het onderzoek van Den Butter & Mihaylov (2013) op twee manieren. Ten eerste focust deze thesis zich op het aantal banen wat zich in de classificatiegroepen 3 en 4 bevindt. Ten tweede bleef het onderzoek van Den Butter & Mihaylov op het niveau van beroepsgroepen werken, terwijl de gegevens in dit onderzoek zijn omgezet naar sectorniveau, waarna er locatiegegevens aan toegevoegd zijn.

De classificatiegroepen 3 en 4 zijn van belang voor het onderzoek omdat deze groepen in verband gebracht worden met het effect van robotisering. In totaal zijn er vijf classificatiegroepen zoals te zien is in tabel 3.1, waarvan groep 3 en 4 als automatiseerbaar of 'routinematig' worden gezien (Den Butter & Mihaylov, 2013). Dit houdt in dat wanneer een werksoort bij een van deze beide groepen behoort, deze werksoort als automatiseerbaar beschouwd wordt, terwijl werksoorten die behoren bij groepen 1, 2 of 5 niet automatiseerbaar zullen zijn gebaseerd op routinematigheid. Beroepen waarvan de bijbehorende werksoorten in de groepen 1, 2 en 5 zitten, worden daarom juist geassocieerd met baan zekerheid, terwijl beroepen waarvan de werksoorten in groepen 3 en 4 zitten door de hoge mate van automatiseerbaarheid geassocieerd worden met een grotere kans op verdwijning van het beroep.

Groep	Classificatie	Omschrijving van werkzaamheden
1	Niet-routinematig analytisch	Onderzoek, evaluatie en planning, opstellen van plannen, ontwerpen en construeren, regels formuleren en uitwerken, interpreteren van regels
2	Niet-routinematig interactief	Onderhandelen, lobbyen, coördineren, organiseren, leren en onderwijzen, inkoop en verkoop, adviseren van klanten, adverteren, acquisitie, presenteren, personeel te werk stellen en begeleiden, leiding geven
3	Routinematig cognitief	Berekeningen maken, boekhouden, teksten en/of gegevens controleren, meten van lengte, hoogte of gewicht
4	Routinematig handvaardig	Machines besturen, toezicht houden op machinebewerking, machines opstarten
5	Niet-routinematig handvaardig	Renoveren of repareren van huizen, gebouwen, machines en voertuigen, restauratie van kunstvoorwerpen en/of monumenten, dienstverlening, verzorging

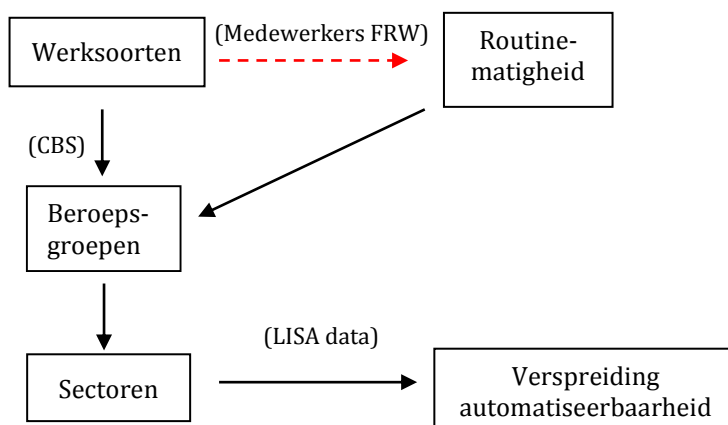
Tabel 3.1 Spitz-Oener classificatie (Spitz-Oener, 2006; Antonczyk et al, 2009; Ariu en Mion, 2010 in Den Butter & Mihaylov, 2013).



Het uitvoeren van de analyse via methode 1 wordt volgens een aantal stappen gedaan. In figuur 3.1 is schematisch weergegeven hoe de stappen leiden tot de uiteindelijke link tussen automatiseerbaarheid van beroepen en de verspreiding van automatiseerbaarheid in Nederland. De gestippelde lijn (rood) geeft aan waar bij deze methode de meeste onzekerheden zitten, doordat een subjectiviteit een rol speelt in het toewijzen van werksoorten aan de classificatiegroepen van routinematigheid.

**Stappenplan**

1. Classificatie van 128 werksoorten in 5 groepen van routinematigheid.
2. Werksoorten aggregeren naar 121 beroepsgroepen en het berekenen van de automatiseerbaarheidsindexen voor elke beroepsgroep.
3. Beroepsgroepen linken aan sectoren via matrix en de automatiseerbaarheidsindexen toevoegen per classificatiegroep.
4. Aantal banen per classificatiegroep verdelen en de locatiegegevens toevoegen (LISA data).



Figuur 3.1 Schematische weergave van methode 1

**Stap 1** is het linken van de 128 werksoorten aan een van de vijf classificatiegroepen. Deze stap is individueel uitgevoerd door zeven medewerkers (hoogleraren/doctoren) van de Faculteit Ruimtelijke Wetenschappen (FRW) van de Rijksuniversiteit Groningen. De 128 werksoorten zijn stuk voor stuk ondergebracht in één van de vijf groepen van routinematigheid volgens de Spitz-Oener classificatie. Dit was mogelijk doordat de werksoorten via het CBS specifieke vaardigheden toegewezen hebben gekregen, waardoor aan de hand van deze vaardigheden bekeken kan worden in hoeverre zij automatiseerbaar zijn, nu of in de nabije toekomst; binnen een periode van 20 jaar. Hoewel het lastig bleek om de werksoorten maar aan één groep toe te kennen, is er een consistente indeling tot stand gekomen. Elke werksoort is toegekend aan de groep die het vaakst genoemd is door de medewerkers. Tabel 3.2 geeft een overzicht weer van de toekenning van de werksoorten aan de classificatiegroepen. De controlegroep bestond uit twee externe personen die niet werkzaam zijn bij de faculteit.

Aantal keren dezelfde toekenningen	In percentages
Unanieme toekenning	12,5 %
5 of 6 keer dezelfde toekenning	61,0 %
3 of 4 keer dezelfde toekenning, en na raadplegen controlegroep wel meerderheid	24,1 %
Geen meerderheid - na controlegroep ook niet	2,4 %

Tabel 3.2 Toekenning van werksoorten aan classificatiegroepen.

De moeilijkheden zaten vooral in de keuze tussen het toekennen van werksoorten bij groep 1 of groep 2. Dit was nog vaker het geval bij de keuze tussen groep 4 of groep 5. Zoals te zien is in tabel 3.2 is het een aantal keer voorgekomen dat de toekenning van de werksoort aan een groep niet tot een meerderheid leidde. In deze gevallen is er voor de keuze tot een groep gekeken naar wat er ingevuld is bij die werksoorten door twee externe personen (die als controlegroep hebben gediend) en mijzelf. In de gevallen dat dit nodig is geweest, is daardoor alsnog een meerderheid ontstaan in de toekenning van de werksoort aan een classificatiegroep.

**Stap 2** is de aggregatie van werksoorten naar beroepsgroepen en het berekenen van de automatiseerbaarheid voor elke beroepsgroep. Bij elke beroepsgroep kan meer dan één werksoort behoren. In totaal zijn 1211 beroepen tezamen tot 121 beroepsgroepen geaggregeerd, op basis van niveau en hoofdrichting van de beroepen. Voor elke beroepsgroep is het aantal werksoorten erbij vermeld, zoals dit door het CBS toegekend is. De verdeling van werksoorten per classificatiegroep uit stap 1 is in één overzicht gezet met de bijbehorende beroepsgroepen, zodat de automatiseerbaarheidsindexen vervolgens gemakkelijk berekend kunnen worden. Via onderstaande formule is berekend in hoeverre de werksoorten automatiseerbaar zijn op een schaal van 0 tot 1, een formule die ook Den Butter & Mihaylov gebruikten om het routinematige karakter van beroepen te berekenen en die oorspronkelijk verkregen is van Antonczyk et al (2009).

$$\text{Automatiseerbaarheidsindex} = \frac{\text{het aantal werksoorten in categorie X in beroepsgroep B}}{\text{het totaal aantal werksoorten in beroepsgroep B}}$$

X staat voor de classificatiegroepen 1 t/m 5

B staat voor elk van de 121 beroepsgroepen

Met het totaal aantal werksoorten wordt een optelsom bedoeld van de werksoorten die behoren bij alle beroepen die binnen de beroepsgroep B vallen. Voor deze berekening zijn dus zowel de classificatie van de 128 werksoorten in de 5 classificatiegroepen, als de 121 beroepsgroepen nodig. Via de formule zijn voor elke beroepsgroep vijf automatiseerbaarheidsindexen berekend die voor de vijf classificatiegroepen aangeven in welke mate de werkzaamheden die behoren bij die beroepsgroep automatiseerbaar zijn.

**Stap 3** is het linken van de beroepsgroepen en bijbehorende automatiseerbaarheidsindexen aan sectoren. Dit wordt gedaan in een Excel bestand waar de 38 Nederlandse sectoren (als kolommen) uitgezet zijn tegen 121 beroepsgroepen (rijen), waarbij onder elke beroepsgroep vijf rijen bestemd zijn voor de verdeling van de beroepen in de classificatiegroepen zoals te zien is in het voorbeeld voor de sector 'landbouw, bosbouw en visserij' (tabel 3.3). Het aantal banen binnen elke sector is aan het Excel bestand toegevoegd, zodat voor elke beroepsgroep het aantal banen per classificatiegroep berekend kan worden. Het totaal aantal banen per beroepsgroep verandert niet omdat de indexen voor de vijf groepen samen 100% vormen. De cellen van de matrix geven voor elke sector de verdeling van het aantal banen over de vijf classificatiegroepen weer voor alle 121 beroepsgroepen. 261 van de 425 banen in beroepsgroep 111 behoren dus bij classificatiegroep 4.

<b>Beroepsgroep &amp; classificatiegroepen</b>	<b>Automatiseerbaarheidsindex</b>	<b>Aantal beroepen in sector 'Landbouw, bosbouw en visserij'</b>
<b>Beroepsgroep 111</b>		<b>Totaal 425</b>
groep 1	0,0000	0
groep 2	0,0455	19
groep 3	0,0455	19
groep 4	0,6136	261
groep 5	0,2955	126
<b>Beroepsgroep 242</b>		<b>Totaal 1853</b>
groep 1	0,0000	0
groep 2	0,0000	0
groep 3	0,2105	390
groep 4	0,1053	195
groep 5	0,6842	1268

Tabel 3.3 Voorbeeld van stap 3, verdeling van beroepen over de vijf classificatiegroepen na berekening met de automatiseerbaarheidsindexen.

Bijlage 7 geeft het aantal banen per sector weer na vermenigvuldiging met de automatiseerbaarheidsindexen. Hieruit blijkt bijvoorbeeld dat voor de sector 'landbouw, bosbouw en visserij' het grootste gedeelte van de banen in de classificatiegroepen 2 en 5 zitten. Dit betekent dat binnen deze sector relatief weinig banen automatiseerbaar zijn volgens de berekening via methode 1. Meer resultaten zullen besproken worden in het volgende hoofdstuk, waarbij bekeken wordt welke sectoren met name automatiseerbaar zijn. Dit zegt echter nog niets over de verspreiding van deze automatiseerbaarheid over Nederland. Hiervoor is de laatste stap benodigd.

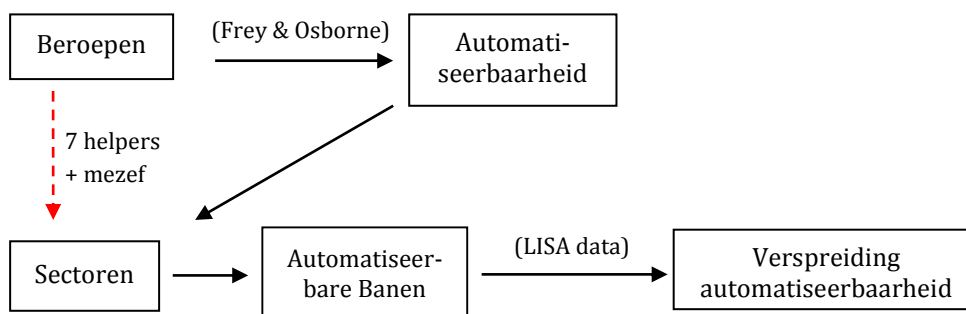
#### **Stap 4.**

Het LISA is een databestand die gegevens bevat over alle vestigingen in Nederland waar betaald werk wordt verricht. Met de locatiegegevens uit deze database kan het aantal banen per sector voor alle regio's in Nederland bekeken worden. Voor elke sector is de verdeling van het aantal banen over de vijf classificatiegroepen berekend in percentages. Het samennemen van classificatiegroep 3 en 4 voor elke sector geeft daardoor het percentage automatiseerbaarheid weer. De percentages, of automatiseerbaarheidsindexen, worden vervolgens gekoppeld aan de locatiegegevens van het LISA, welke het aantal banen per regio bevat. Hierdoor wordt een verdeling verkregen van het aantal banen per classificatiegroep voor de 40 COROP regio's in Nederland. Bijlage 9 geeft hier een overzicht van. De resultaten na het uitvoeren van alle bovenstaande stappen worden in hoofdstuk 4 besproken en weergegeven in kaarten.

### 3.2. Methode 2

#### Berekening van de automatiseerbaarheidsindexen

De andere methode om de automatiseerbaarheid van banen te kunnen weergeven voor alle Nederlandse regio's, is gericht op het maken van een connectie tussen beroepen en sectoren. Het onderzoek van Frey & Osborne (2013) gebruikt 702 Amerikaanse beroepen tezamen met gegevens van de Amerikaanse O\*NET database. Voor elk van de beroepen is een automatiseerbaarheidsindex berekend, volgens de methode besproken in de introductie van hoofdstuk 3. In de schematische weergave van methode 2 in figuur 3.2 wordt dit aangegeven met de pijl van 'beroepen' naar 'automatiseerbaarheid' en is door Frey & Osborne zelf uitgevoerd. Om die gegevens te kunnen gebruiken voor deze thesis worden dezelfde 702 beroepen, inclusief bijbehorende automatiseerbaarheidsindexen, omgezet naar de Nederlandse indeling van 38 sectoren. Dit gedeelte wordt in figuur 3.2 weergegeven met de stippellijn van 'beroepen' naar 'sectoren'. Alle Amerikaanse beroepen zijn voor dit onderdeel handmatig gelinkt aan één van deze 38 sectoren waar het betreffende beroep het beste bij past. Deze connectie maakte ik zelf, maar omdat dit subjectief en gevoelig voor fouten is, heb ik dit onderdeel ook door een aantal kennissen en studiegenoten laten uitvoeren. Hierdoor is een objectievere indeling verkregen. Ik heb 7 personen, de 'helpers', een lijst gegeven van 100 beroepen samen met de beroepsbeschrijving die op O\*Net wordt aangeleverd en een gedetailleerde beschrijving van alle sectoren. De verdeling van de beroepen over de helpers is alfabetisch gedaan. Persoon 1 kreeg alle beroepen die met de letter 'A' begonnen, tot en met halverwege de letter 'C' waar beroep nummer 100 zich bevond. Persoon 2 kreeg de volgende 100 beroepen toegewezen, enzovoort. Hierdoor heeft er geen overlap van de beroepen plaatsgevonden. Wanneer de indelingen die de helpers gemaakt hebben afweek van de indeling die ikzelf gemaakt heb, zijn de betreffende beroepen nogmaals bekeken. Door de keuze van de helpers mee te nemen en een aantal beroepen op basis daarvan onder een andere sector te hebben ingedeeld, is de uiteindelijke indeling tot stand gekomen. Door deze connectie te voltooien is daarmee ook een link gemaakt tussen 'automatiseerbaarheid' en 'sectoren' in figuur 3.2.



Figuur 3.2 Schematische weergave van methode 2.

De gestippelde (rode) lijn geeft aan waar bij deze methode de grootste uitdaging heeft gezeten, doordat subjectiviteit en vele onzekerheden een rol hebben gespeeld bij het koppelen van beroepen aan sectoren. Wanneer de keuze van plaatsing van een beroep een twijfelgeval was tussen twee of meerdere sectoren, is de keuze gemaakt op basis van eigen redenering na het nogmaals raadplegen van de beschikbare gedetailleerde informatie over het beroep op O\*Net en het vergelijken van het beroep met de indeling van soortgelijke beroepen. Daarnaast is ervoor gekozen om de onderzoekers, consultants of wetenschappers die geen specifieke takenomschrijving of specialisatie bevatten, allen onder de sector 'speur- en ontwikkelingswerk' te plaatsen, om te voorkomen dat de ene niet-specialistische consultant in een andere sector geplaatst zou worden dan een andere niet-specialistische consultant. Op deze manier zijn uiteindelijk alle beroepen gelinkt aan één sector en zijn alle connecties meerdere keren gecheckt. Hierdoor kunnen de automatiseerbaarheidsindexen per beroep, zoals verkregen via het databestand van Frey & Osborne, omgerekend worden naar

automatiseerbaarheid per sector door de gemiddelde indexen voor alle beroepen behorende bij dezelfde sector te berekenen. De uitkomst hiervan is dus één automatiseerbaarheidsindex per sector.

Dit zegt echter nog niets over het aantal banen in Nederland dat automatiseerbaar zal zijn. De 38 sectoren worden hiervoor in een Excel bestand horizontaal uitgezet tegen de 121 beroepsgroepen verticaal, met in de cellen voor elke sector het totaal aantal banen verdeeld over de beroepsgroepen in Nederland. De automatiseerbaarheidsindexen zoals berekend per sector zijn in dit bestand vermenigvuldigd met het aantal banen. Hierdoor is berekend hoeveel banen per sector gevoelig zijn voor robotisering via de automatiseerbaarheid.

Als laatste worden de uitkomsten gekoppeld aan LISA data, waarna net als bij methode 1 te zien zal zijn waar in Nederland de banen zich bevinden die wel- en welke minder gevoelig zijn voor robotisering. De pijl in figuur 3.2 die 'sectoren' met 'verspreiding automatiseerbaarheid' verbindt geeft dit aan. Hoofdstuk 4 zal de uitwerking en de bijbehorende resultaten bespreken.

Voor deze methode, maar ook voor methode 1, geldt dat er gewerkt is met indexen die van 0 tot 1 lopen, waarbij 0 betekent dat geen van de banen automatiseerbaar zal zijn en 1 dat alle banen automatiseerbaar zijn en dus gevaar lopen om te verdwijnen. Hierdoor zeggen de indexen enkel iets over hoeveel van de huidige banen kunnen verdwijnen. De indexen kunnen geen voorspelling doen over een eventuele toename van het aantal banen in de sectoren, of het ontstaan van nieuwe banen, aangezien de indexen niet onder de 0 zullen komen.

## Hoofdstuk 4

### Resultaten

Aan de hand van de twee methoden beschreven in hoofdstuk drie, zijn de benodigde stappen gezet om te komen tot een geografische weergave en een interpretatie van de uitkomsten. Als eerste worden de uitkomsten van methode 1 besproken, daarna de uitkomsten van methode 2. Tot slot kan gezien worden of de twee verschillende methoden een vergelijkbare verspreiding van automatiseerbare banen over Nederland voorspellen. De sectorale uitkomsten van beide methoden wordt eveneens 'getoetst' door te bekijken of de voorspelling overeenkomt met de trend die de afgelopen jaren zichtbaar is geweest in een eventuele afname van sectoren.

#### 4.1. Methode 1

De stappen zoals beschreven in hoofdstuk drie hebben ertoe geleid dat een ranglijst verkregen is van het aantal automatiseerbare banen binnen elke sector. De complete lijst is te zien in bijlage 7 en de top vijf is hieronder weergegeven in figuur 4.1.

Sector	Aantal automatiseerbare banen	Totaal aantal banen in de sector
Groot- en detailhandel; reparatie van auto's	14788	35791
Vervoer en opslag	7590	11159
Openbaar bestuur, overheidsdiensten en verplichte sociale verzekeringen	7086	15844
Verpleging, verzorging en begeleiding; Maatschappelijke dienstverlening	5835	23567
Gezondheidszorg	5319	18490

Tabel 4.1 Sectoren met het grootste aantal automatiseerbare banen.

Volgens de berekening heeft de sector 'groot- en detailhandel; reparatie van auto's', verreweg het grootste aantal automatiseerbare banen. Net als de sector 'vervoer en opslag' zijn dit sectoren waarvan in hoofdstuk 2 al werd verwacht dat ze een groot aantal automatiseerbare banen zouden bevatten op basis van de routinematigheid van de taken en vaardigheden. De grote hoeveelheid automatiseerbare banen in de zorgsectoren kan aan de ene kant te verklaren zijn door de grote hoeveelheid banen voor middelopgeleiden, maar aan de andere kant zijn dit wel voornamelijk interactieve en specialistische banen, die daardoor juist niet automatiseerbaar zouden zijn. Dat de administratieve banen hier niet duidelijk naar voren komen als automatiseerbaar kan ermee te maken dat deze banen niet in een enkele sector geclusterd zitten, maar zich meer verspreid over de sectoren bevinden.

Deze ranglijst geeft op basis van het aantal banen een indicatie van de gevoeligheid van sectoren voor robotisering. Daarnaast is het nuttig om de resultaten relatief te bekijken als percentage van het totaal aantal banen binnen elke sector. Tabel 4.2 en bijlage 7 laten op basis van relatieve resultaten namelijk een andere ranglijst zien. Sector 'vervoer en opslag' staat nu bovenaan met 68% van de banen als automatiseerbaar aangeduid, wat neer komt op ruim twee derde van alle banen. Opmerkelijk is hier dat de sector 'verpleging, verzorging en begeleiding; maatschappelijke dienstverlening' in tegenstelling tot de absolute aantallen, nu met een percentage van 24,8% erg laag in de ranglijst staat. Hoewel in de sector een groot aantal banen automatiseerbaar is, zal dit relatief gezien meevallen vanwege het grote aantal banen dat de sector bevat.

Meer dan de helft van de banen in de sector 'winning en distributie van water; afval en afvalwaterbeheer en sanering' zijn automatiseerbaar, echter heeft de sector in Nederland ook maar relatief weinig banen. Ondanks dat robotisering binnen de sector een grote impact zal hebben, zal het effect op de gehele arbeidsmarkt in Nederland klein zijn vanwege het lage aantal banen.

Sector	Automatiseerbaarheid
Vervoer en opslag	68,0 %
Winning en distributie van water; afval en afvalwaterbeheer en sanering	52,1 %
Verhuur van roerende goederen en overige zakelijke dienstverlening	49,2 %
Primaire houtbewerking, vervaardiging van papier en drukkerijen	48,7 %
Openbaar bestuur, overheidsdiensten en verplichte sociale verzekeringen	44,7 %

Tabel 4.2 Sectoren met de hoogste automatiseerbaarheid relatief gemeten.

Deze uitkomsten zijn een tussenstap in het onderzoek. De regionale impact van robotisering is te zien na het uitvoeren van stap 4, het koppelen van de automatiseerbaarheidsindexen aan locatiegegevens. Per COROP regio komt daar vervolgens een verdeling uit van het aantal banen in elke van de vijf classificatiegroepen, waarvan de gehele lijst te zien is in bijlage 9.

Tabel 4.3 en tabel 4.4 geven respectievelijk de absolute en de relatieve baanverdeling weer over de classificatiegroepen.

Regio	Groep 1	Regio	Groep 2	Regio	Groep 3
Groot-Amsterdam	62760	Groot-Amsterdam	319479	Groot-Amsterdam	141895
Utrecht	53696	Utrecht	265414	Utrecht	116720
Groot-Rijnmond	40454	Groot-Rijnmond	225109	Groot-Rijnmond	97516
Agglomeratie 's-Gravenhage	33594	Agglomeratie 's-Gravenhage	151466	Agglomeratie 's-Gravenhage	73615
Zuidoost-Noord-Brabant	27475	Zuidoost-Noord-Brabant	147971	Zuidoost-Noord-Brabant	65432
Regio	Groep 4	Regio	Groep 5	Regio	Groep 3+4
Groot-Amsterdam	182063	Groot-Amsterdam	133358	Groot-Amsterdam	323958
Groot-Rijnmond	135474	Utrecht	117097	Utrecht	248550
Utrecht	131830	Groot-Rijnmond	109322	Groot-Rijnmond	232990
Zuidoost-Noord-Brabant	85617	Zuidoost-Noord-Brabant	79139	Zuidoost-Noord-Brabant	151049
Agglomeratie 's-Gravenhage	74294	Veluwe	66480	Agglomeratie 's-Gravenhage	147910

Tabel 4.3 Aantal banen per COROP regio verdeeld over de vijf classificatiegroepen.

Wanneer enkel naar de absolute aantallen gekeken wordt, zijn er weinig verschillen te zien in de ranglijsten van de vijf classificatiegroepen. Dit is te verklaren door de grote overeenkomst hiervan met het totaal aantal banen in de betreffende regio's. Het bovenaan staan van de regio's Groot-Amsterdam, Utrecht, Groot-Rijnmond, Zuidoost-Noord-Brabant en Agglomeratie 's-Gravenhage zijn in diezelfde volgorde namelijk ook de regio's die totaal gezien de meeste banen bevatten van alle COROP regio's, gebaseerd op de meest recente cijfers van het CBS uit 2014 (CBS Statline, 2015).

Deze regio's zijn zowel in de baanzekere groepen 1, 2 en 5 als ook in de automatiseerbare groepen 3 en 4 het sterkst vertegenwoordigd. In de tabel rechtsonder staat het gecombineerde aantal banen weergegeven van de groepen 3 en 4, wat de automatiseerbaarheid weergeeft zoals uitgelegd in hoofdstuk 3. De resultaten geven een indicatie van waar zich in Nederland absoluut gezien veel banen bevinden die mogelijk kunnen verdwijnen door robotisering. Het zegt echter niet veel over de impact hiervan binnen de regio's zelf. Daarom is het nuttig om de resultaten ook te bekijken als percentages van het totaal aantal banen zoals in tabel 4.4. De complete lijst is te zien in bijlage 10.

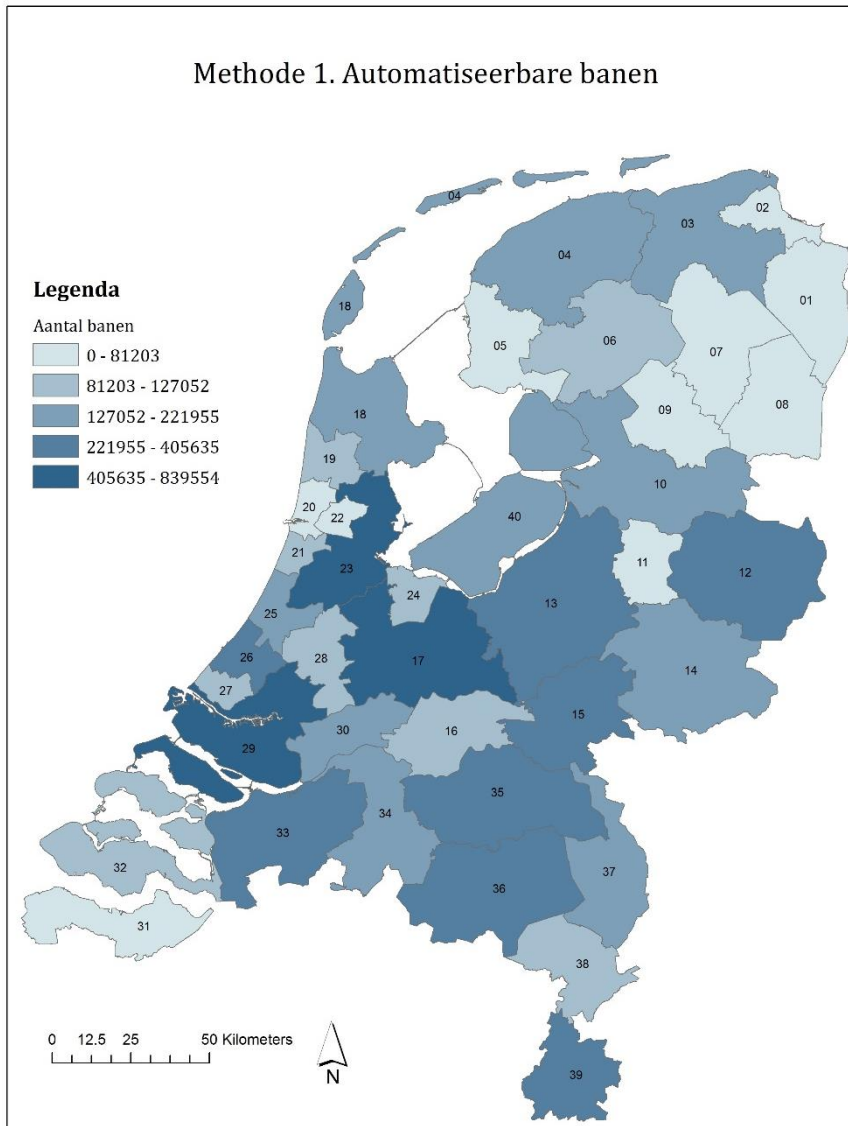
Regio	Groep 1	Regio	Groep 2	Regio	Groep 3
Agglomeratie 's-Gravenhage	8,5 %	Het Gooi en Vechtstreek	38,9 %	Agglomeratie 's-Gravenhage	18,7 %
Utrecht	7,8 %	Utrecht	38,8 %	Utrecht	17,0 %
Groot-Amsterdam	7,5 %	Agglomeratie Haarlem	38,6 %	Groot-Amsterdam	16,9 %
Het Gooi en Vechtstreek	7,5 %	Agglomeratie 's-Gravenhage	38,4 %	Overig Groningen	16,4 %
Overig Groningen	7,4 %	Alkmaar en omgeving	38,2 %	Agglomeratie Haarlem	16,3 %
Regio	Groep 4	Regio	Groep 5	Regio	Groep 3+4
Zuidwest-Gelderland	23,6 %	Midden-Limburg	22,8 %	Midden-Limburg	39,3 %
Noord-Limburg	23,6 %	Achterhoek	22,6 %	Zuidwest-Gelderland	38,8 %
Midden-Limburg	23,4 %	Zuidwest-Friesland	22,3 %	Groot-Amsterdam	38,6 %
Zeeuwsch-Vlaanderen	23,2 %	Noord-Limburg	22,3 %	Groot-Rijnmond	38,3 %
IJmond	22,9 %	Zuidoost-Drenthe	22,2 %	IJmond	38,1 %

Tabel 4.4 Aandeel banen van het regiototaal per classificatiegroep.

Wat opvalt aan de relatieve verdeling is de grote variëteit die nu zichtbaar is in alle groepen. Het effect van robotisering is het beste te zien met de gegevens rechts onderin, die wederom de resultaten van groepen 3 en 4 samenneemt. De percentages liggen dicht bij elkaar en Midden-Limburg komt naar voren als de regio met het grootste aantal automatiseerbare banen als percentage van het totaal aantal banen in die regio. Dit houdt in dat met 39,3% bijna twee op de vijf banen in Midden-Limburg kunnen verdwijnen als gevolg van robotisering. Na het bekijken van de absolute banenaantallen is dit een vrij verrassende uitkomst, aangezien zowel IJmond als Midden-Limburg zich in de onderste helft bevinden in de ranglijst van bijlage 9. Toch eindigen de grote regio's Zuidwest-Gelderland, Groot-Amsterdam en Groot-Rijnmond nog steeds hoog als gebieden die een grote impact kunnen hebben van robotisering in de vorm van automatiseerbaarheid. Naast de onverwachte regio IJmond, scoort ook Noord-Limburg hoog zoals te zien is in bijlage 10.

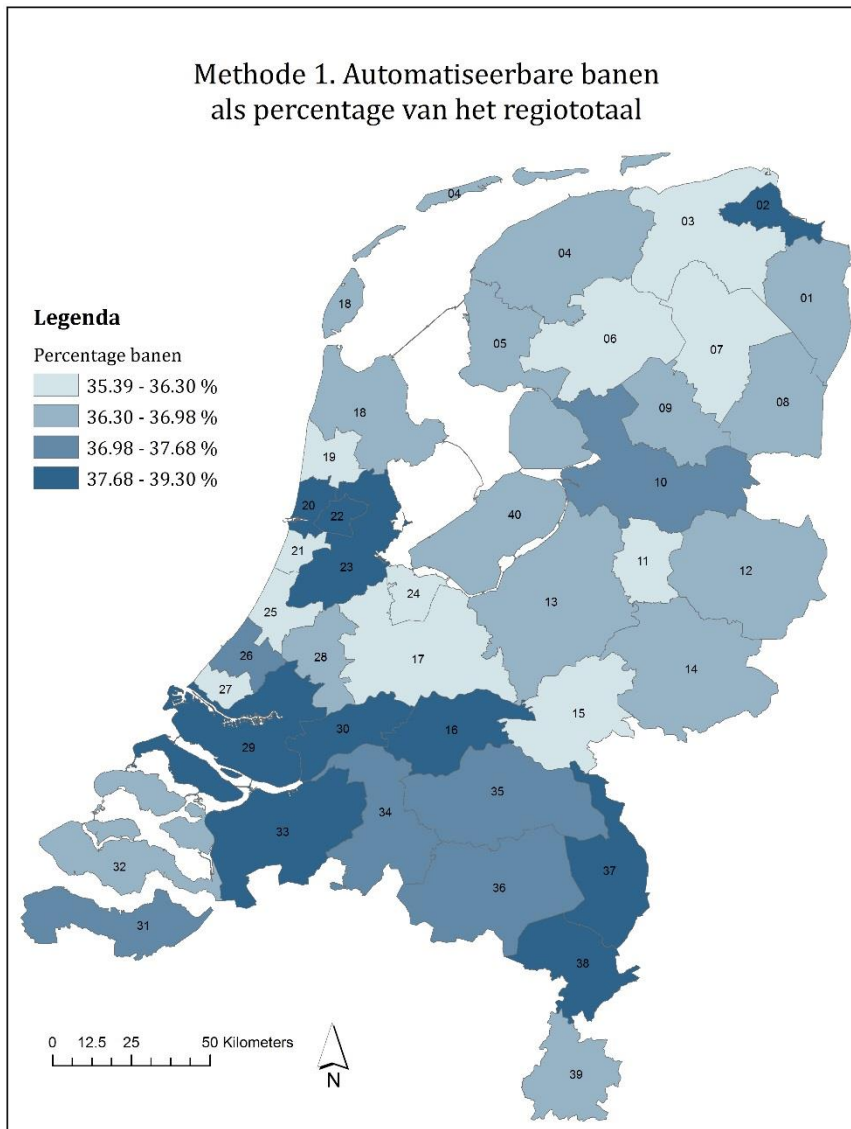
De gegevens van alle regio's zijn weergegeven in twee kaarten, zodat in één oogopslag gezien kan worden wat de verspreiding van de automatiseerbare banen over Nederland is. De kaart in figuur 4.1 geeft de absolute baanaantallen weer voor de classificatiegroepen 3 en 4 bij elkaar opgeteld, en de kaart in figuur 4.2 geeft hier de relatieve verdeling van weer.





Figuur 4.1 Aantal automatiseerbare banen per COROP regio. De nummering van de regio's in de kaart komt overeen met de nummering in bijlage 6.

Hier is goed te zien dat de regio's in het noordoosten absoluut gezien het minste aantal automatiseerbare banen hebben in Nederland. Ook Zeeland en enkele regio's in het westen en midden van Nederland hebben weinig automatiseerbare banen. Het effect van robotisering zal zich volgens de kaart het meest concentreren in het westen en midden van Nederland, en nog enkele regio's in het zuiden. Voor de regio's die zich in de Randstad bevinden is het wel te verwachten dat zich hier veel automatiseerbare banen bevinden, gezien het grote totale aantal banen dat zich in die regio's bevindt. Wat daarom opvalt is Zuid-Limburg, en de vele regio's in Midden-Nederland, die eveneens veel automatiseerbare banen hebben volgens de berekeningen, waarbij Zuidwest-Overijssel (nummer 11 op de kaart) erg afwijkt van de omliggende regio's. Dit kan te verklaren zijn door het lage totale aantal banen dat er in deze regio is, vergeleken met bijvoorbeeld Twente, Veluwe en Achterhoek (regio's 12, 13 en 14).



Figuur 4.2 Aandeel automatiseerbare banen als percentage van het regiototaal. De nummering van de regio's in de kaart komt overeen met de nummering in bijlage 6.

Zoals te zien was in tabel 11 geven de relatieve baanverdelingen andere resultaten. Het in kaart brengen hiervan laat dit overzichtelijk zien (figuur 4.2). De regio's die relatief gezien veel automatiseerbare banen bevatten zijn nu meer geconcentreerd in Zuid- en West-Nederland, met als uitschieter Delfzijl en omgeving in het noordoosten.

Bij het vergelijken van de kaarten komt naar voren dat in Limburg de rollen zijn omgedraaid. Waar Zuid-Limburg in absolute aantallen veel automatiseerbare banen heeft, lijkt dit relatief gezien mee te vallen. Midden- en Noord-Limburg ervaren relatief gezien juist een groter effect van robotisering.

Ook is regio Utrecht opvallend. Hier waren veel automatiseerbare banen, echter is dit als aandeel binnen de regio een stuk kleiner. Dit kan verklaard worden door het grote aandeel banen in het ISCO niveau 4 wat deze regio heeft zoals in hoofdstuk 2 naar voren is gekomen. Dit kan eveneens bevestigd worden doordat de regio Utrecht een grote clustering aan banen heeft binnen de topsector Lifescience & Health en daarnaast ook een centrum is van de creatieve industrie. Ook heeft de regio Utrecht een groot volume banen in de high tech systemen zitten (Raspe et al, 2012). Dit zijn het soort banen waarvan we vanuit hoofdstuk 2 via ISCO niveau 4 verwachtten dat ze interactief, creatief en complex zijn, en weinig routinematige werkzaamheden bevatten.

Andere regio's die opvallen zijn Delfzijl en omgeving, IJmond, Zuidwest-Gelderland en Agglomeratie Haarlem, welke als aandeel van het regiototaal een hoog aantal automatiseerbare banen in de regio

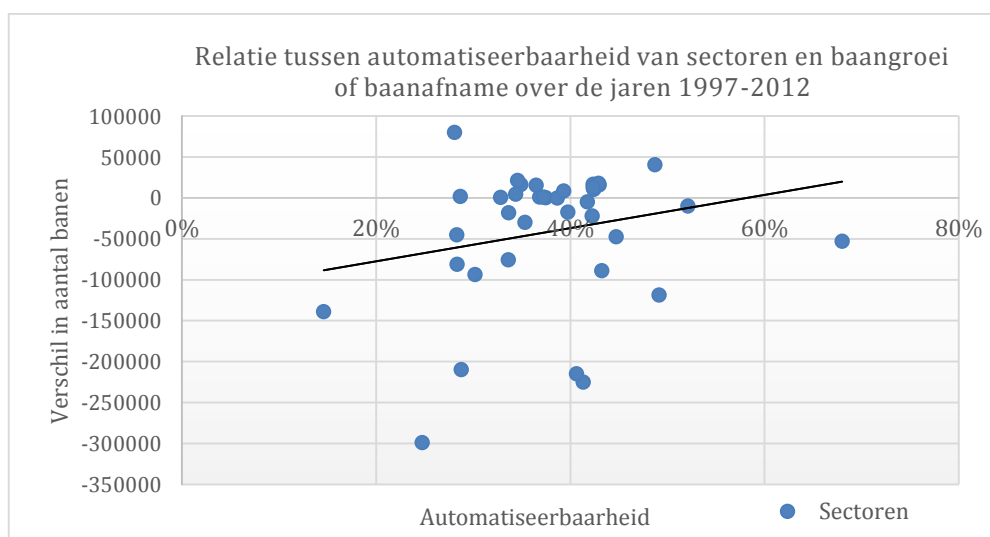
hebben. Hoewel het aantal banen in de regio Delfzijl en omgeving erg laag is, is het relatieve aandeel in de logistieke sector in verhouding erg groot, er is weinig andere economische activiteit in deze regio (Raspe et al, 2012). Logistiek komt onder andere overeen met de sector vervoer en opslag, wat eerder in dit hoofdstuk naar voren kwam als sector die in grote mate automatiseerbaar is.

Zuidwest-Gelderland is opvallend vanwege het in verhouding weinige absolute aantal automatiseerbare banen, maar de grote hoeveelheid relatieve automatiseerbare banen. Een verklaring zou hiervoor kunnen zijn dat deze regio een groot aandeel van zijn banen (ongeveer een vijfde) in de groot-en detailhandel sector heeft (CBS Statline, 2015). Deze sector is immers in grote mate automatiseerbaar zoals eerder is opgemerkt, wat de grote relatieve, maar bescheidene absolute automatiseerbaarheid van de regio zou kunnen verklaren.

Al met al zijn de absolute uitkomsten voor het aantal automatiseerbare banen in een regio voor een groot gedeelte afhankelijk van de totale hoeveelheid banen in de regio. De grote regio's hebben daarom, ongeacht de hoogte van de automatiseerbaarheidsindexen, veelal meer automatiseerbare banen dan de kleinere regio's. Daarom wordt er meer automatiseerbaarheid voorspeld in de Randstad dan bijvoorbeeld in Noord-Nederland. Bij de relatieve uitkomsten kan specialisatie een grotere rol spelen. Een kleine regio kan in verhouding gevoeliger zijn voor robotisering dan een grotere regio, doordat zij bijvoorbeeld gericht zijn op sectoren die een hoge automatiseerbaarheid hebben, zoals vervoer en opslag, of groot-en detailhandel, en minder banen hebben in de baanzekere sectoren die complexer zijn en minder routinematig zijn.

### Controle van de sectorspecifieke uitkomsten

De verwachting is dat robotisering een oorzaak is voor het verdwijnen van banen. Of een afname in het aantal banen in de afgelopen jaren ook al in relatie staat met robotisering, kan bekeken worden middels een spreidingsgrafiek. Er kan gezien worden of er een trend zichtbaar is in de automatiseerbaarheid van een sector en de afname van het aantal banen in die sector tussen 1997 en 2012. Door zowel de automatiseerbaarheidspercentages en de banenafnames of -toenames voor alle 38 sectoren tegen elkaar uit te zetten, kan een eventuele correlatie tussen deze twee variabelen gezien worden. Een negatieve Y-waarde betekent in dit geval een toename in het aantal banen binnen die sector in de periode van 1997 tot en met 2012. De X-as geeft de automatiseerbaarheid van alle sectoren weer. Een correlatie zou daarom moeten laten zien dat een hoge (positieve) waarde op de Y-as correspondeert met een hoog percentage op de X-as, en dat een lage (negatieve) Y-as waarde voor een sector overeenkomt met een laag percentage.



Figuur 4.3 Trend van groei of afname in banen per sector in relatie met automatiseerbaarheid.

De spreiding ziet eruit als een clustering tussen eind 20 en halverwege 40 procent, waarvan het overgrote deel van de sectoren een automatiseerbaarheid heeft rond de 30 procent. De trendlijn laat een licht stijgende lijn zien van linksonder naar rechtsboven. Zoals hierboven beschreven, betekent dit dat er tussen de twee variabelen een positieve correlatie is, echter is het een zwakke correlatie; de punten bevinden zich voornamelijk aan de onderkant ver van de lijn af. Toch kan de automatiseerbaarheid van een sector weldegelijk invloed hebben gehad op een afname van het aantal banen in sectoren in de periode van 1997 tot en met 2012. De correlatie zegt niets over de causaliteit tussen de variabelen, een afname in het aantal banen kan afgezien van de automatiseerbaarheid ook vele andere redenen hebben, zoals veranderingen in de economische groei in Nederland, bevolkingskrimp of -groei, bezuinigingen, et cetera (UWV, 2015).

Op basis van de spreidingsgrafiek kan dus gezegd worden dat er een zwakke positieve correlatie is tussen de automatiseerbaarheid van een sector en het verschil in aantal banen tussen 1997 en 2012, en het versterkt het vermoeden dat er in bepaalde mate samenhang is tussen die beide variabelen.

## 4.2. Methode 2

Het uitvoeren van methode 2 is gedaan volgens de in hoofdstuk 3 besproken classificatie van beroepen en het berekenen van de automatiseerbaarheidsindexen per sector. De sectorale automatiseerbaarheidsindexen en bijbehorende sectoren zijn op volgorde gezet van hoogste naar laagste percentage. De sectoren die bovenaan staan in deze ranglijst zijn weergegeven in tabel 4.5. Bijlage 11 laat de ranglijst met alle 38 sectoren zien.

Sector	Automatiseerbaar
Telecommunicatie	96,0 %
Verhuur en handel in onroerend goed	88,5 %
Vervaardiging van metalen in primaire vormen en producten van metaal (geen machines en apparaten)	87,0 %
Vervaardiging van producten van rubber en kunststof en overige niet-metaalhoudende minerale producten	86,8 %
Vervaardiging van chemische producten	83,0 %

Tabel 4.5 Percentuele automatiseerbaarheid van sectoren.

De sector telecommunicatie staat met een automatiseerbaarheid van 96% bovenaan als sector die het gevoeligst is voor robotisering. Het is voor die sector een erg ingrijpende voorspelling die inhoudt dat zo goed als alle banen binnen deze sector automatiseerbaar zijn en mogelijk kunnen verdwijnen. Hoewel de percentages van de overige sectoren wat lager liggen, is hier eveneens een grote gevoeligheid voor robotisering te zien op basis van de indexen. Methode 2 toont in zijn geheel al een minder rooskleurige voorspelling dan methode 1, doordat bij 23 van de 38 sectoren meer dan de helft van de banen binnen als automatiseerbaar is aangeduid.

De hoogte van de index geeft echter niet een heel betrouwbare indicatie van de mate van gevoeligheid voor robotisering, doordat het niet in verhouding is gebracht met de grootte van elke sector. De relatieve gevoeligheid voor robotisering wordt zichtbaar na het meenemen van het aantal banen binnen elke sector. De uitkomsten hiervan laten een hele andere ranglijst zien. Tabel 4.6 geeft de hoogst scorende sectoren weer om te kunnen zien hoe de ranglijst in zijn geheel veranderd is door het in verhouding brengen van de indexen met de grootte van de sectoren; de rest van de lijst is in bijlage 12 weergegeven.

Sector	Automatiseerbaarheidsindex	Totaal aantal banen in de sector	Aantal banen gevoelig voor robotisering
Groot- en detailhandel; reparatie van auto's	0,64	35600	22780
Onderwijs	0,73	16476	12060
Bouwnijverheid	0,70	13188	9229
Vervoer & opslag	0,71	11031	7868
Verhuur roerende goederen; overige zakelijke dienstverlening	0,77	9381	7215

Tabel 4.6 Aantal automatiseerbare banen na berekening met automatiseerbaarheidsindexen.

Wat ten eerste opvalt aan de gehele lijst in bijlage 12, is dat drie sectoren een automatiseerbaarheidsindex van 0 hebben, wat betekent dat deze sectoren geen automatiseerbare banen bevatten. Het betreft de sectoren 'vervaardiging van cokesovenproduct en aardolieverwerking', 'vervaardiging van farmaceutische grondstoffen en producten', en 'extraterritoriale organisaties en lichamen'. Dit zijn alle drie sectoren die bij het linken van de Amerikaanse beroepen aan Nederlandse sectoren geen enkel beroep toegewezen hebben gekregen. Daarom is er voor deze sectoren geen automatiseerbaarheidsindex te berekenen, en is deze op nul komen te staan. Dit is een nadeel van deze methode, doordat bijvoorbeeld niet-gespecificeerde fabrieksmedewerkers bij de ene sector zijn geplaatst, terwijl ze ook van toepassing zouden zijn in andere sectoren. Aangezien er per beroep maar één link te maken was met een sector, heeft het in dit geval geresulteerd in drie sectoren waar geen enkel beroep is toegekend. Hierdoor geven deze drie sectoren geen representatief beeld van de mate van automatiseerbaarheid.

Verder valt de sector 'verpleging, verzorging en begeleiding; maatschappelijke dienstverlening' op wanneer de positie op deze ranglijst vergeleken wordt met de positie die enkel op basis van de indexen is gemaakt in bijlage 11. De sector toont namelijk een lage automatiseerbaarheidsindex van slechts 0,148 maar eindigt desondanks relatief gezien hoog. De sector bevat in verhouding veel banen die routinematige werkzaamheden bevatten. Daarnaast kan het ook meespelen dat de sector met name uit middelopgeleiden bestaat, wat de grootste risicogroep is in Nederland voor robotisering, zoals in hoofdstuk 2 naar voren is gekomen. De hoge relatieve automatiseerbaarheid kan onder andere te verklaren zijn uit toenemende experimenten met robots als hulpmiddel bij zorginstellingen, die bijvoorbeeld helpen bij het uit bed tillen van patiënten. In de meeste gevallen dient de robot nog enkel ter ondersteuning van verplegers en verzorgers en niet ter vervanging (Runhaar, 2014). Hoewel het aantal handelingen voor de menselijke werker waarschijnlijk niet veel vermindert, zorgt het wel voor een lastenverlichting en minder fysiek zwaar werk (Runhaar, 2014). Het bekijken van de sectorale automatiseerbaarheid versterkt een aantal aannames uit hoofdstuk 2, doordat zowel 'groot- en detailhandel', 'bouwnijverheid' en 'vervoer en opslag' volgens de berekening een groot aantal automatiseerbare banen bevatten. Opvallend is echter de sector onderwijs. Doordat vele banen binnen het onderwijs onder ISCO niveau 4 behoren (zie paragraaf 2.6) werd verwacht dat deze sector door de vele interactieve en niet-routinematige werkzaamheden weinig automatiseerbaar zou zijn. De automatiseerbaarheidsindex valt echter verrassend hoog uit. Het kan te verklaren zijn door toenemende ontwikkelingen in digitale onderwijssystemen en de groeiende mogelijkheden om zelf thuis online een studie te volgen. Hoewel het aantal leerlingen op het lager onderwijs al jaren afneemt, stijgt daarentegen het aantal studenten in het hoger onderwijs en verwacht het UWV meer groei in de vacaturemarkt in 2017 voor banen in het onderwijs (UWV, 2015). Het tekort aan docenten en de grote automatiseerbaarheid van de sector zouden wellicht complementair kunnen zijn, doordat vacatures opgevuld zouden kunnen worden met technologische oplossingen. Hierbij kan gedacht worden aan efficiëntere en grootschaliger manieren van het aanbieden van onderwijs.

Tot slot wordt bij deze methode in beeld gebracht wat de verspreiding van de automatiseerbare banen in Nederland is. Hiervoor zijn de indexen behorende bij elke sector vermenigvuldigd met het aantal banen in elke COROP regio. Om een indicatie te krijgen van de grote verschillen in absolute en relatieve aantallen die behoren bij de sectoren, zijn de uitkomsten van de hoogst scorende automatiseerbare regio's in tabel 4.7 en 4.8 naast elkaar gezet. De gehele lijsten zijn te zien in bijlagen 13 en 14.

Zoals te zien is komt er geen overeenkomstig beeld uit. De ranglijsten verschillen in grote mate van elkaar, net zoals bij methode 1 het geval was. De regio's die absoluut gezien hoog scoren in automatiseerbaarheid zijn voor een groot deel eveneens de regio's die de meeste banen bevatten in Nederland, zoals Groot-Amsterdam, Utrecht, Groot-Rijnmond, Zuidoost-Noord-Brabant en Agglomeratie 's-Gravenhage. Echter, in verhouding gezet met het aantal banen binnen de regio's ziet de gevoeligheid voor robotisering er anders uit. Deze regio's behoren absoluut gezien juist bij de vijftien minst automatiseerbare regio's, maar het relatieve effect van robotisering is daar groter. De baanrijke regio's die zich met name in de Randstad bevinden zullen minder relatieve impact ondervinden van robotisering, ondanks dat ze totaal gezien veel automatiseerbare banen bevatten.

COROP regio	Automatiseerbare banen
Groot-Amsterdam	461066
Utrecht	361844
Groot-Rijnmond	337380
Zuidoost-Noord-Brabant	226800
Agglomeratie 's-Gravenhage	199576

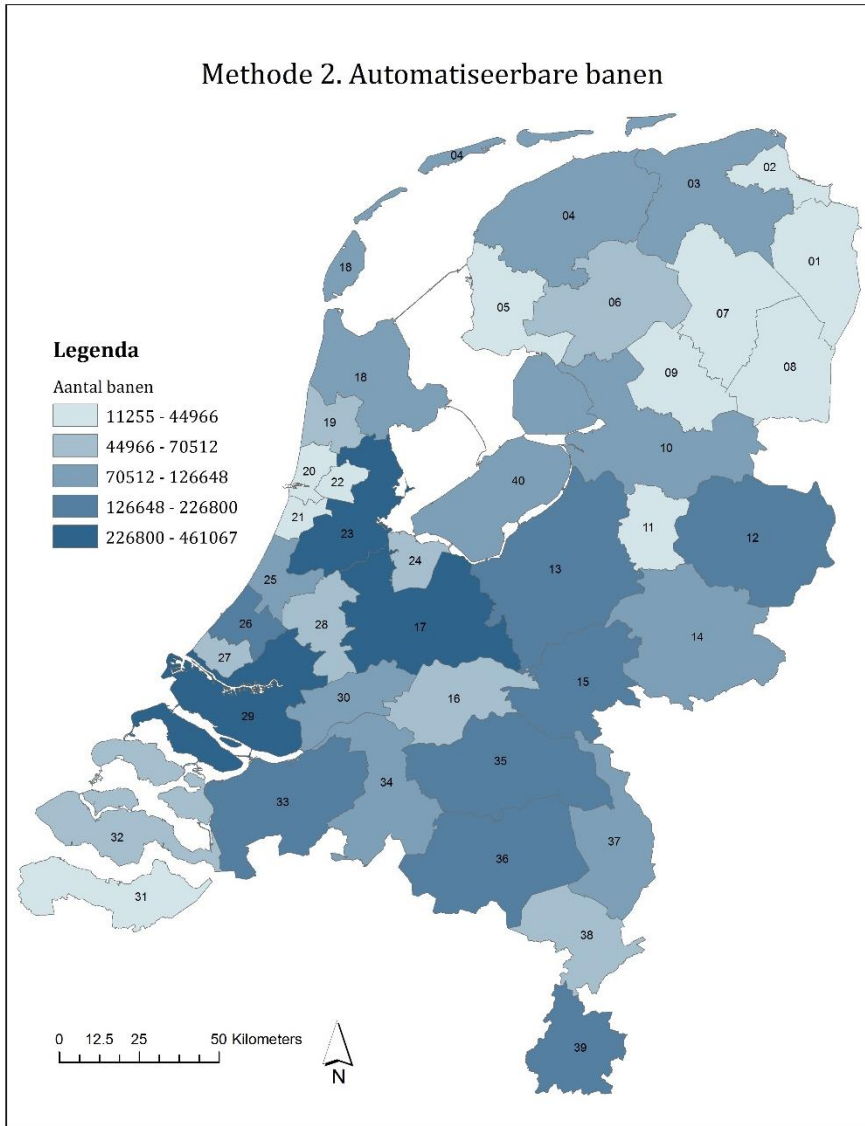
Tabel 4.7 Automatiseerbare banen, absolute aantallen

COROP regio	Automatiseerbare banen
IJmond	59,7%
Zaanstreek	58,0%
Zeeuwsch-Vlaanderen	57,9%
Zuidwest-Gelderland	57,8%
Delfzijl en omgeving	57,6%

Tabel 4.8 Aandeel automatiseerbare banen, als percentage van het regiototaal.

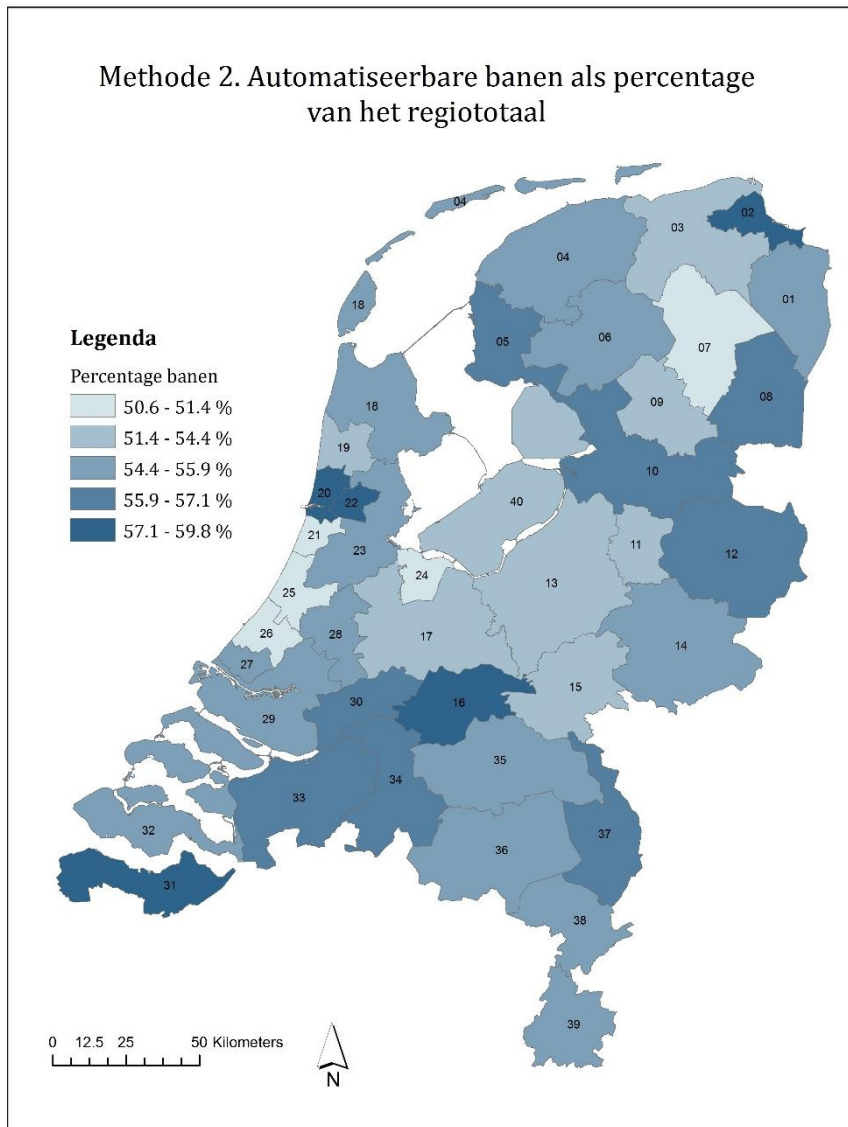
In beide gevallen zal het een grote impact op de Nederlandse arbeidsmarkt hebben. Een groot verlies aan banen in een regio als Groot-Amsterdam kan zorgen voor veel werkloosheid, terwijl een groot relatief verlies in een kleine regio als Delfzijl en omgeving ervoor zorgt dat in verhouding erg veel mensen binnen die regio hun baan verliezen, en de regionale werkloosheid enorm kan stijgen.

Het weergeven van de resultaten in kaarten geeft een overzichtelijk beeld van welke regio's zowel absoluut als relatief gezien veel of juist weinig automatiseerbare banen bevatten. De verspreiding over Nederland is hierdoor goed te zien.



Figuur 4.4 Automatiseerbare banen per regio in absolute aantallen.

De kaart laat zien dat de regio's die het meest gevoelig zijn voor robotisering zich concentreren in Midden- en West-Nederland. De regio's die het minste aantal automatiseerbare banen bevatten, bevinden zich voornamelijk in het noordoosten van Nederland en in het westen. In de kaart is goed te zien dat vooral regio's in de Randstad een groot aantal automatiseerbare banen bevatten, tegenover de minder dichtbevolkte regio's in Noord-Nederland en de kleinere regio's qua baanaantallen in het westen. Vooral Zuidwest-Overijssel (nummer 11) valt op tussen de omliggende regio's. Een verklaring hiervoor kan zijn dat Zuidwest-Overijssel vergeleken met de buurtregio's minder banen in de regio heeft. Ter illustratie: Zuidwest-Overijssel heeft 70.506 banen tegenover Twente met 293.406 banen. Hetzelfde geldt voor Zuidwest-Gelderland (nummer 16), die eveneens totaal gezien minder banen heeft dan Utrecht (17) of Noordoost-Noord-Brabant (35). Voor de verspreiding van automatiseerbare banen is, wat betreft de absolute aantallen, de grootte van de regio's qua baanaantallen van invloed. Zoals tabel 4.7 en 4.8 lieten zien is het verschil in ranglijst met de relatieve automatiseerbaarheid groot.



Figuur 4.5 Relatieve aandeel automatiseerbare banen per regio.

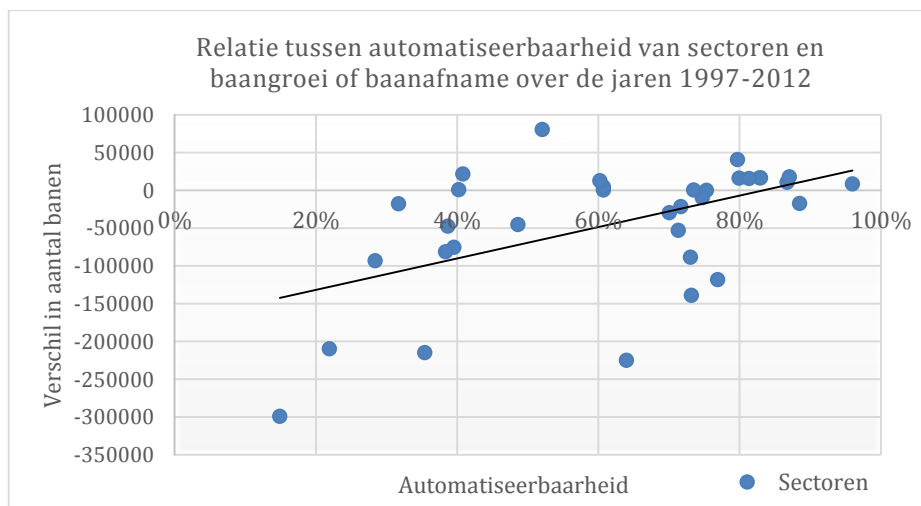
De kaart in figuur 4.5 laat een meer verspreid beeld zien van de automatiseerbaarheid van regio's in Nederland. Het zijn nu de regio's IJmond, Zaanstreek, Zeeuwsch-Vlaanderen, Zuidwest-Gelderland en Delfzijl en omgeving, die relatief gezien de meeste automatiseerbare banen in hun regio hebben. Voor IJmond heeft dit met name te maken met het grote aandeel banen in het vervaardigen van metalen; een sector met een erg hoge automatiseerbaarheidsindex. Voor Zuidwest-Gelderland is de reden voornamelijk dat de regio een erg groot gedeelte van de banen in de landbouwsector heeft zitten, ondanks dat deze sector slechts een gemiddeld hoge index heeft. Net als bij methode 1, kan het grote aandeel automatiseerbare banen in Delfzijl en omgeving verklaard worden uit de hoeveelheid banen die in de sectoren vervoer en opslag, en groot- en detailhandel zitten.

Na het vergelijken van de twee kaarten valt op dat vele regio's die in figuur 4.4 in grote mate als automatiseerbaar werden aangeduid, in figuur 4.5 niet als zodanig meer terug te zien zijn, of juist andersom. In het bijzonder de regio Delfzijl en omgeving die zich bij de absolute automatiseerbaarheid zelfs onderaan de lijst bevond van alle 40 regio's, maar relatief bekeken op de vijfde plek staat en in de kaart van figuur 4.5 eruit springt in het noorden. Dit geeft aan hoe groot de verschillen kunnen zijn tussen enerzijds de impact op de gehele Nederlandse arbeidsmarkt wat betreft totale aantallen, en anderzijds de impact op de regionale arbeidsmarkt in relatieve aantallen.



### Controle van de sectorspecifieke uitkomsten

Middels een spreidingsgrafiek kan eveneens voor methode 2 bekeken worden of er correlatie bestaat tussen de automatiseerbaarheidsindexen zoals berekend via de methode, en de baanveranderingen in sectoren tussen de periode van 1997 tot en met 2012. In de tabel betekent een positieve Y-waarde wederom het aantal banen dat is afgenomen tussen 1997 en 2012. Een negatieve Y-waarde betekent een toename in het aantal banen binnen die sector in diezelfde periode. De X-as geeft net als bij methode 1 de automatiseerbaarheid van de sectoren weer in percentages. Een positieve correlatie zou zichtbaar moeten zijn wanneer een hoge waarde op de Y-as correspondeert met een hoge waarde op de X-as en andersom een lage Y-as waarde met een lage X-as waarde. De drie sectoren die een automatiseerbaarheid van 0% hebben zoals besproken in paragraaf 4.2 zijn niet meegenomen in de spreidingsgrafiek.



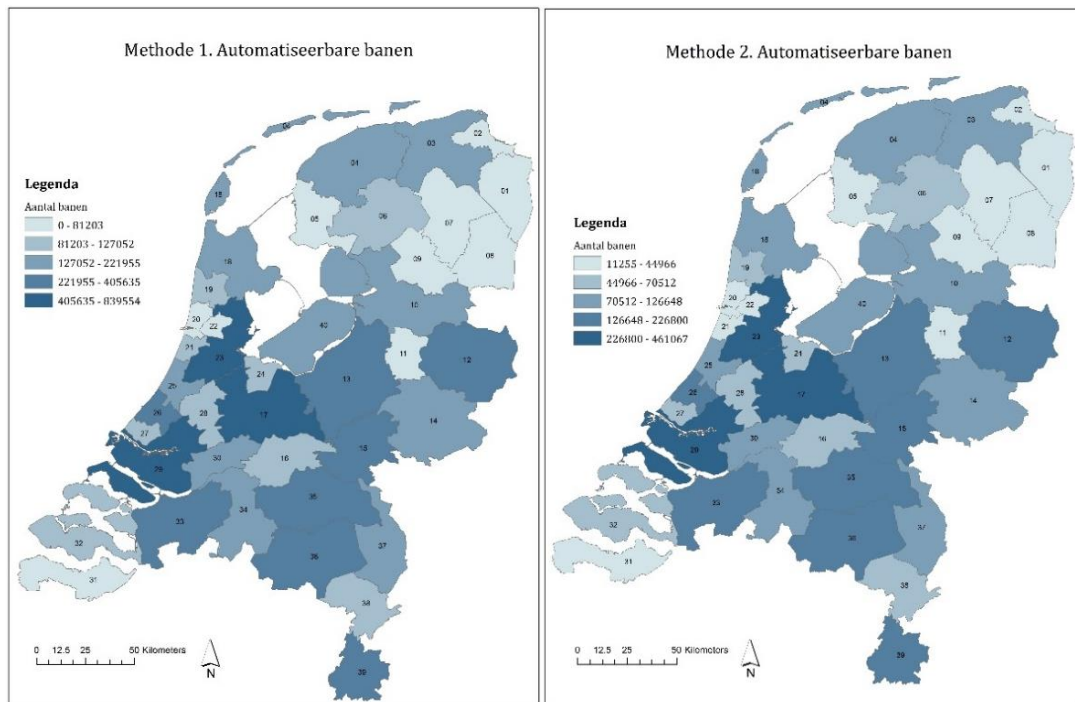
Figuur 4.6 Trend van groei of afname in banen per sector in relatie met automatiseerbaarheid.

Er is veel verspreiding zichtbaar, met een aantal uitschieters aan de onderkant van de grafiek. De trendlijn laat echter wel een lichte stijging zien van linksonder naar rechtsboven. Dit houdt in dat de sectoren met lage automatiseerbaarheid de afgelopen jaren weinig groei, of zelfs een stijging in het aantal banen hebben waargenomen. De sectoren met een hoge automatiseerbaarheid hebben over het algemeen een daling gehad in het aantal banen in de sector.

De correlatie is matig sterk door de grote afstand tussen veel van de punten en de trendlijn, echter geeft het aan dat de automatiseerbaarheid zoals berekend via deze methode in bepaalde mate wel overeenkomt met de trend van de afgelopen jaren in Nederland. Of dit daadwerkelijk gerelateerd is aan de groei in automatisering en technologische ontwikkelingen is niet te zeggen, de grafiek geeft enkel aan of er een correlatie is, maar niet of er ook causaliteit is. Het versterkt wel het vermoeden dat de automatiseerbaarheid een reden kan zijn geweest voor de afname in het aantal banen in bepaalde sectoren.

### 4.3. Vergelijking van de twee methoden

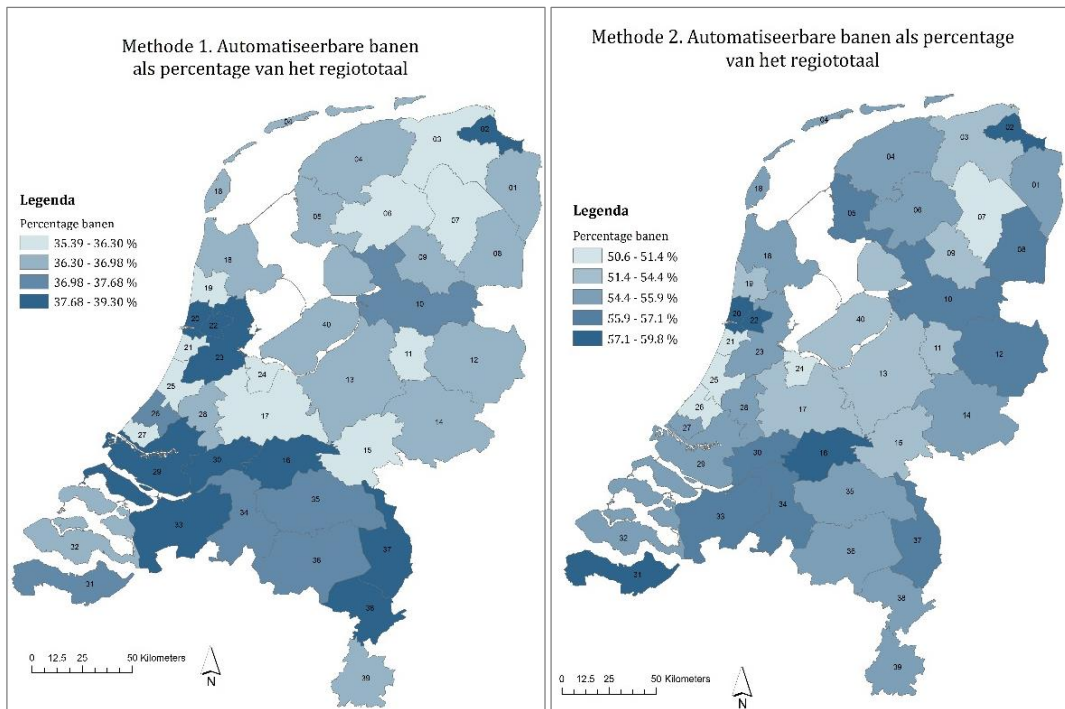
Het naast elkaar weergeven van de resultaten van methode 1 links en methode 2 rechts, zorgt ervoor dat in een oogopslag de verschillen gezien kunnen worden tussen de absolute aantallen automatiseerbare banen in de regio's. Of beter gezegd: de overeenkomsten, want zoals hieronder is te zien in figuur 4.7 laten de kaarten met de verspreiding van automatiseerbaarheid over Nederland een behoorlijk eenduidig beeld zien. Door verschillen in bereik van de legendaschalen zijn de kaarten echter wat lastiger te vergelijken, alhoewel de algemene verspreiding duidelijk overeenkomt.



Figuur 4.7 Automatiseerbare banen in Nederland, methode 1 en 2 naast elkaar.

De individuele verschillen en overeenkomsten tussen regio's zijn voor een groot gedeelte al behandeld in de paragrafen hiervoor. Op regio Agglomeratie Haarlem na, zijn de twee kaarten precies gelijk wat betreft de indeling van de schaalgroepen. Hoewel methode 2 op hogere aantallen uitkomt wat betreft banen die automatiseerbaar zijn dan methode 1, is de ranglijst bij beide methoden dus vrijwel gelijk. Regio's die volgens methode 1 de meeste automatiseerbare banen bevatten zijn ook volgens methode 2 de regio's die het gevoeligst zijn voor robotisering.

Ook de relatieve resultaten van beide methoden lijken wat betreft de verspreiding erg op elkaar. Dit is wederom goed te zien wanneer ze naast elkaar afgebeeld zijn zoals in figuur 4.8. Echter moet gelet worden op het verschil in legendaschalen; methode 1 heeft er vier, terwijl voor methode 2 gekozen is voor 5 legendaschalen vanwege de grotere variatie in de percentages tussen regio's. Dit maakt het lastiger om de methoden op basis van de kaarten te vergelijken, hoewel het wel duidelijk naar voren komt wat volgens de methoden de meest- en de minst automatiseerbare regio's zijn.



Figuur 4.8 Relatief aandeel automatiseerbare banen in Nederland, methode 1 & 2.

In het zuidelijk deel van Nederland zal de impact van robotisering het grootste zijn volgens beide methoden. Methode 1 voorspelt daarnaast meer automatiseerbare banen in westelijke regio's, en daarnaast Delfzijl en omgeving als opvallende uitschieter in het noorden. Methode 2 verwacht eveneens dat in de regio Delfzijl en omgeving relatief veel van de banen automatiseerbaar zijn, maar laat daarnaast ook in het oosten van Nederland nog een aantal regio's zien die relatief veel effect kunnen ondervinden van robotisering.

Hoewel de patronen zowel voor absolute als relatieve aantallen in grote mate overeenkomen voor beide methoden, is er wel verschil in hoe ingrijpend de voorspellingen zijn. Methode 1 voorspelt met een gemiddelde automatiseerbaarheid tussen de 35 en 40 procent namelijk een wat rooskleuriger toekomstbeeld voor de arbeidsmarkt dan methode 2, die voor de regio's uitgaat van het aantal automatiseerbare banen tussen de 50 en 60 procent. De percentages zeggen uiteraard niet dat de banen ook daadwerkelijk geautomatiseerd gaan worden. Echter geeft het een indicatie van welke invloed robotisering op de arbeidsmarkt kan hebben indien de banen weldegelijk in de toekomst geautomatiseerd zullen worden.

## Hoofdstuk 5

### Conclusies

Het onderzoek draait om de centrale vraag: Wat zijn de regionale arbeidsmarkteffecten van toenemende robotisering? Om hier antwoord op te kunnen geven zijn de deelvragen behandeld in hoofdstukken 2, 3 en 4. Aan de hand van zowel bevindingen uit de literatuur, als ook de resultaten van het empirisch onderzoek kan in dit hoofdstuk een antwoord geformuleerd worden op de centrale vraag. Tot slot wordt er gereflecteerd op het onderzoeksproces en worden aanbevelingen gedaan voor vervolgonderzoek binnen dit onderwerp.

#### 5.1. Robotisering in de literatuur

Robotisering is een fenomeen wat op vele verschillende manieren omschreven wordt. Het is lastig te bepalen wat wel en wat niet onder robotisering valt; in verschillende onderzoeksvelden wordt het concept robotisering in verband gebracht met mechanisering, computerisering en automatisering. In andere gevallen ook met artificiële intelligentie. Voor dit onderzoek wordt de definitie uit de publicatie van Snoek (2003) aangehouden, waar robotisering omschreven is als “een aaneenschakeling van gemechaniseerde processen waarbij het menselijk ingrijpen steeds verder geëlimineerd wordt”. De automatiseerbaarheid van banen heeft te maken met vaardigheden en taken. De kennis en kundigheid waarmee mensen bepaalde taken uitvoeren kan door toenemende technologische ontwikkelingen steeds vaker ook door machines, computers of robots uitgevoerd worden. Op deze manier wordt de mens voor veel werkzaamheden, of zelfs voor hele beroepen, overbodig. De routinematigheid van banen speelt hierbij een grote rol, doordat het in zekere mate aangeeft in hoeverre werkzaamheden geautomatiseerd kunnen worden (Acemoglu & Autor, 2010).

Er is in Nederland sinds een aantal jaren een stijgende werkloosheid waargenomen onder de middelopgeleide beroepsbevolking (Autor et al, 2003; Ter Weel, 2012). Beroepen van middelbaar opgeleiden zijn het meest gevoelig voor robotisering, omdat deze beroepen veel routinematige taken bevatten die ook door robots uitgevoerd kunnen worden (UWV, 2015). Dit werk is gebaseerd op regels en instructies, zoals het uitvoeren van berekeningen en het analyseren of bewerken van data. Het CPB (2015) stelt daarnaast dat banen van laagopgeleiden aan de ene kant goed automatiseerbaar zijn door de hoge mate van routinetaken die de banen bevatten, maar er zijn ook veel servicefuncties die laagopgeleiden vervullen. Kijkend naar de sectorverspreiding in Nederland is te zien dat de regio's Groot-Amsterdam en Groot-Rijnmond vele banen bevatten in de sectoren 'bouwnijverheid', 'industrie' en 'communicatie & informatie'. De verwachting is dat de beroepen binnen die sectoren ook in grote mate automatiseerbaar zijn, afgaande op de routinematigheid van de taken zoals besproken in de paragrafen van hoofdstuk 2.

De complexiteit en omvang van taken bij beroepen kan ingedeeld worden in vier niveaus. De routinematigheid neemt per niveau af, terwijl de complexiteit toeneemt (CBS Statline, 2016c). Op basis hiervan, in combinatie met de verspreiding van banen over sectoren in Nederland, is de voorspelling dat vele banen in de dienstensector, groot- en detailhandel en bouwnijverheid automatiseerbaar zullen zijn. Hoewel administratieve werkzaamheden ook in grote mate routinematig zijn, zijn de banen met deze werkzaamheden naar verwachting erg verspreid over verschillende sectoren.

## 5.2. Regionale robotisering zoals berekend via de automatiseerbaarheid van banen

Om het effect van robotisering te onderzoeken voor Nederlandse regio's is via twee methoden de automatiseerbaarheid van banen berekend en vervolgens bekeken waar in Nederland deze banen zich met name bevinden. Het empirisch onderzoek heeft zich gefocust op de connectie tussen automatiseerbaarheid en locatie, door via een tussenstap eerst de automatiseerbaarheid van sectoren te bekijken.

### Methode 1

Via methode 1 is de routinematigheid van beroepen berekend. Hierbij is uitgegaan van vijf classificatiegroepen die elk een bepaalde routinematigheid aangeven. Per sector is gekeken naar de verdeling van het aantal banen over de vijf groepen. De groepen 3 en 4 zijn vanwege de hoge routinematigheid en daardoor grote kans op automatiseerbaarheid in verband gebracht met een grote gevoeligheid voor robotisering. Hieruit blijkt dat in absolute aantallen de sectoren 'groot- en detailhandel' en 'vervoer en opslag' erg gevoelig zijn voor robotisering door het grote aantal automatiseerbare banen in de sectoren.

Relatief gezien kwam eveneens de sector 'vervoer en opslag' bovenaan te staan met een automatiseerbaarheid van 68% van de banen. Dit is te verklaren door het routinematige karakter van de werkzaamheden in deze sectoren. Daarnaast zijn het vooral industriële sectoren die in grote mate automatiseerbaar zijn, wat net als bij de sector 'vervoer en opslag' te verklaren is door de grote routinematigheid en weinig interactiviteit van de bijbehorende werkzaamheden. De lijst wordt afgesloten met een zorgsector en de sector 'onderwijs' die relatief de minste automatiseerbare banen bevatten. Dit komt overeen met de interactieve en niet-routinematige werkzaamheden die de beroepen in deze sectoren bevatten.

Robotisering is slechts één aspect wat invloed kan hebben op de arbeidsmarkt en wat ervoor kan zorgen dat banen verdwijnen. Daarnaast kunnen economische groei en krimp, bevolkingsgroei en krimp, polarisatie en vele andere aspecten meespelen bij veranderingen in het aantal banen. Het koppelen van de automatiseerbaarheid van sectoren zoals berekend bij deze methode, aan de groei of afname in het aantal banen in die sectoren tussen 1997 en 2012, toont een zwakke positieve correlatie en kan dus betekenen dat de automatiseerbaarheid van de sectoren een (kleine) invloed heeft gehad op de veranderingen van het aantal banen. Er is echter niet gekeken naar causaliteit tussen de twee, dus het is enkel een indicatie en een versterking van het vermoeden.

Door de resultaten te koppelen aan locatiegegevens werd zichtbaar hoe in Nederland de verspreiding van automatiseerbare banen eruit ziet. Wanneer enkel naar de totale baanaantallen gekeken werd, was te zien dat de grootte van een COROP-regio vrijwel bepalend was voor het aantal automatiseerbare banen in de betreffende regio, ongeacht de hoogte van de index. Hierdoor zijn de grootste regio's qua aantal banen in Nederland in veel gevallen ook de regio's die absoluut gezien de meeste automatiseerbare banen bevatten. Relatieve aantallen laten echter wel een duidelijk verschil zien en de grootte van de regio heeft in mindere mate een invloed gehad op de gevoeligheid voor robotisering. Midden-Limburg staat hier met 39,3% automatiseerbare banen namelijk bovenaan, terwijl deze regio bij de onderste vijftien COROP-regio's in Nederland behoort wat betreft aantal banen. Bij de relatieve uitkomsten speelt dus meer een rol waar de betreffende regio in gespecialiseerd is. In de kaarten (figuur 4.10) is het verschil tussen absolute en relatieve uitkomsten goed zichtbaar. Waar Zuid-Limburg en Utrecht vele automatiseerbare banen bevatten is dit in het relatieve aandeel binnen de regio niet terug te zien. Andersom geldt voor de regio's Midden- en Noord-Limburg dat binnen hun eigen regio een erg groot deel van de banen automatiseerbaar zijn, echter worden zij in absolute aantallen overschaduwd door regio's als Groot-Amsterdam en Groot-Rijnmond; beide grote regio's met veel banen.

### Methode 2

Voor methode 2 is gewerkt met Amerikaanse beroepen waarvoor automatiseerbaarheidsindexen berekend zijn door twee Amerikaanse onderzoekers (Frey & Osborne, 2013). Deze hebben als input

gediend voor het berekenen van de automatiseerbaarheid van Nederlandse sectoren. Op basis hiervan komt voornamelijk de sector 'telecommunicatie' naar voren als vrijwel volledig automatiseerbaar met een percentage van 96 %, een erg ingrijpende voorspelling die er vanuit gaat dat bijna alle banen in deze sector automatiseerbaar zullen zijn. Daarnaast worden ook enkele industriële sectoren ingeschat als gevoelig voor robotisering, zoals het vervaardigen van metalen, rubber, textiel, chemische producten, et cetera. Echter, na het in verhouding brengen van de sectoren met het aantal banen dat er in Nederland binnen die sectoren zijn, komen net als bij methode 1 de sectoren 'groot-en detailhandel' en 'vervoer en opslag' naar voren die absoluut gezien de meeste automatiseerbare banen bevatten. Daarnaast eindigen 'bouwnijverheid', 'onderwijs' en 'verhuur roerende goederen en overige zakelijke dienstverlening' hoog in dit rijtje. De hoge automatiseerbaarheid van de sectoren is verklaarbaar door de grote hoeveelheid aan routinematige taken en vaardigheden, behalve voor de sector 'onderwijs' die hier onverwachts hoog is geëindigd. Deze sector bevat juist veel interactieve en niet-routinematige taken, wat eraan bijdroeg dat deze sector bij methode 1 als minst automatiseerbaar werd geschat. Methode 2 heeft immers gebruik gemaakt van een andere toewijzing van beroepen aan sectoren en heeft daarnaast de automatiseerbaarheidsindexen van een ander onderzoek gebruikt, wat de verschillen kunnen verklaren. De hoge positie in de ranglijst kan ook te verklaren zijn door de toenemende ontwikkelingen op het gebied van digitale onderwijssystemen, online studeren en het gebruik van technologische hulpmiddelen, wat wellicht bij het onderzoek van Frey & Osborne zwaarder mee heeft gewogen bij het berekenen van de automatiseerbaarheid, echter is dit niet met zekerheid te zeggen.

Voor methode 2 toont de spreidingsgrafiek een matig positieve correlatie tussen de automatiseerbaarheid van sectoren en de mate van groei of afname in aantal banen van de sectoren tussen de jaren 1997 en 2012. Bij sectoren met een hoge automatiseerbaarheidsindex werd veelal ook een afname in het aantal banen waargenomen, terwijl sectoren met een lage index vaak nog gegroeid zijn. Wederom is er niet gekeken naar causaliteit tussen de twee variabelen, dus het is niet met zekerheid te zeggen dat de mate van automatiseerbaarheid daadwerkelijk een oorzaak is geweest van de veranderingen in het aantal banen in die periode.

De regionale verspreiding laat voor de absolute aantallen vrijwel hetzelfde zien als bij methode 1. Wederom zijn het de regio's die totaal gezien de meeste banen bevatten die ook de meeste automatiseerbare banen hebben. Regio's met een klein aantal banen, zoals bijvoorbeeld Oost-Groningen, Delfzijl en omgeving en Zuidwest-Friesland staan hierbij onderaan de ranglijst. De relatieve automatiseerbaarheid geeft een heel ander beeld en is eveneens vergelijkbaar met de uitkomst van methode 1. De meest automatiseerbare regio's zijn erg verspreid door Nederland, er is geen clustering zichtbaar in de Randstad. In het uiterste noordoosten van Nederland springt regio Delfzijl en omgeving eruit. De verklaring hiervoor is met name het grote aandeel banen in de sector 'vervoer en opslag'. In het westen van Nederland zijn de regio's Zaanstreek en IJmond in grote mate automatiseerbaar. Voor IJmond heeft dit te maken met het grote aandeel banen in het vervaardigen van metalen; een sector met een erg hoge automatiseerbaarheidsindex. In Midden-Nederland is de regio Zuidwest-Gelderland veelal automatiseerbaar als gevolg van het grote aandeel banen in de landbouwsector. In het uiterste zuidwesten komt de regio Zeeuwsch-Vlaanderen naar voren met een grote gevoeligheid voor robotisering door de vele banen in de sector 'groot- en detailhandel' en in iets mindere mate ook de sector 'vervoer en opslag'.

### Terugkoppeling

Zoals voorspeld in hoofdstuk 2 zijn het inderdaad de regio's Groot-Rijnmond en Groot-Amsterdam die in absolute aantallen veel automatiseerbare banen hebben. Ook klopte de voorspelling dat in de sectoren 'groot- en detailhandel' en 'vervoer en opslag' veel automatiseerbare banen zouden zitten, en een oorzaak is van de gevoeligheid voor robotisering voor vele regio's die een groot aandeel hebben in deze sectoren. De verwachting was daarnaast dat vele administratieve banen automatiseerbaar zouden zijn vanwege de vele routinematige werkzaamheden die deze banen

bevatten. Dit is echter lastig terug te zien in de resultaten. De reden hiervoor is dat dergelijke banen zich erg verspreid bevinden over vele verschillende sectoren en niet geclusterd zijn in maar één specifieke sector.

Terugkoppelend naar de hoofdvraag over de invloed van robotisering op de Nederlandse arbeidsmarkt, is na het onderzoek duidelijk geworden dat het soort beroepen die vooral automatiseerbaar zijn veelal behoren bij middelopgeleiden, ondanks de groeiende vraag naar hoogopgeleiden. Dit heeft te maken met de routinematigheid, en daarmee de automatiseerbaarheid van de taken en vaardigheden die behoren bij de beroepen. Het verdwijnen van banen in het middensegment van de arbeidsmarkt kan echter de polarisatietrend vergroten, doordat er meer werkloosheid ontstaat onder middelopgeleiden.

De sectoren waarbinnen de meeste banen automatiseerbaar zijn, zijn volgens beide methoden in ieder geval 'vervoer en opslag' en 'groot- en detailhandel'. De resultaten vertaald naar regio's in Nederland, laten zien dat er bij beide methoden verschillende uitkomsten zijn. Wel zijn Groot-Rijnmond, Utrecht en Groot-Amsterdam regio's die in absolute aantallen de meeste automatiseerbare banen hebben. Relatief bekeken zijn de resultaten erg verspreid en concentreert dit zich niet in een bepaald gebied van Nederland. Ook juist de kleinere regio's komen hierbij naar voren als gevoelig voor robotisering door het grote aandeel aan banen wat die regio's in de automatiseerbare sectoren hebben zitten.

### 5.3. Reflectie op het onderzoeksproces

Terugkijkend op hoe het onderzoek verlopen is, vond ik het zowel voor- als nadelen hebben om met een ander onderzoek en met bestaande data verder te werken. Wat vooral een nadeel was aan het gebruiken van data die niet uit Nederland afkomstig is, was dat sommige Amerikaanse beroepen niet goed pasten binnen één van de Nederlandse sectoren. Andere moeilijkheden waar ik tegenaan liep tijdens de dataverwerking was het werken met verschillende datasets en meerdere bestanden tegelijkertijd. Sommige data moest nog met elkaar gecombineerd worden, terwijl andere datasets later compleet overbodig bleken te zijn. Het is daarom niet direct soepel verlopen, ik heb tijdens het proces meerdere berekeningen en handelingen uitgevoerd die uiteindelijk niet nodig waren. Dit heeft soms geresulteerd in onoverzichtelijkheid van mijn bestanden, maar het veelvuldig opslaan en maken van back-ups zorgde ervoor dat ik weer kon terugkeren naar de oorspronkelijke of eerdere bestanden. Door het werken met veel kwantitatieve data heb ik veel geleerd over zorgvuldigheid en nauwkeurigheid in de werkwijze. Een foutje in het begin van het proces kan grote gevolgen hebben voor de betrouwbaarheid van de uiteindelijke resultaten.

Als ik nogmaals een dergelijk onderzoek zou uitvoeren, zou ik liever zelf de dataverzameling doen in plaats van het gebruiken van andermans databestanden. Dan kun je zeker weten hoe er tot bepaalde keuzes is gekomen. In dit geval was daar echter geen tijd voor, dus dit was een goed alternatief.

### 5.4. Vervolgonderzoek

Robotisering en automatisering zal de komende jaren alleen maar toenemen als interessant en actueel onderwerp. Zeker voor het vakgebied economische geografie is het interessant om dit in de gaten te houden. Met dit onderzoek is een basis gelegd voor de impact hiervan op de Nederlandse arbeidsmarkt op regionaal niveau. Voor vervolgonderzoek kan de dataset uitgebreid worden. Het kan bijvoorbeeld uitgesplitst worden naar opleidingsniveau, zodat specifiekere gekeken kan worden naar welke beroepsniveaus vooral met robotisering te maken zullen krijgen en waar in Nederland deze opleidingsniveaus voornamelijk voorkomen. Ook kan de dataset uitgebreid worden, door de data van meerdere landen, of zelfs Europa toe te voegen om de automatiseerbaarheid in Europa te kunnen zien.

De komende jaren zullen naar verwachting ook meerdere taken en vaardigheden door robots kunnen worden overgenomen als gevolg van groeiende technologische ontwikkelingen, voornamelijk in de artificiële intelligentie. Het is van belang om deze ontwikkelingen ook in de gaten te houden en de kansen in te schatten voor nieuwkomers of omscholvers op de arbeidsmarkt, zodat te zien is waar zij het beste inzetbaar zullen zijn en waar zij de beste kans maken – of juist geen kans maken - op een baan. Het is daarom nuttig om dit onderzoek, of een afgeleide hiervan over een aantal jaar weer uit te voeren.



## Literatuur

- Asscher, L.F. (2014). *Effect van technologische ontwikkelingen op de arbeidsmarkt*. Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid. Den-Haag: Rijksoverheid.
- Autor, D. & Acemoglu, D. (2011). Skills, Tasks and Technologies: Implications for Employment and Earnings. In *Handbook of Labour Economics Volume 4b* (1043-1171).
- Autor, D.H., Levy, D. & Murnane, R.J. (2003). The skill content of recent technological change: an empirical exploration. *The Quarterly Journal of Economics*, 116 (4), 1279-1333
- Berge, W. van den, Weel, B. ter. (2015a). *Baanpolarisatie in Nederland. Middensegment onder druk, nieuwe kansen door technologie*. Rapport 13. Den Haag: Centraal Planbureau.
- Berge, W. van den, Weel, B. ter. (2015b). *Berekeningen en achtergrondinformatie over baanpolarisatie in Nederland*. CPB achtergronddocument. Den Haag: Centraal Planbureau
- Bergmeijer, M., Huijgen, G. & Viersen, F. (2015). Welke branches onderscheiden zich in werkgelegenheidsontwikkeling? *LISA Nieuws*. Jaargang 20.
- Bijlo, E. (2014). Help, de robots komen! *Trouw*, 23-02-2014.
- Brynjolfsson, E. & McAfee, A. (2012). *Race Against The Machine. How the Digital Revolution is Accelerating Innovation, Driving Productivity, and Irreversibly Transforming Employment and the Economy*. Lexington: Digital Frontier Press.
- Butter, F. den. & Mihaylov, E. (2013). Veranderende vaardigheden op de Nederlandse arbeidsmarkt. *Economisch Statistische Berichten*, 98 (4670), 618-621.
- Carr, N. (2015). *The Glass Cage. Where automation is taking us*. London: The Bodley Head.
- CBS (2011). *Enquête beroepsbevolking 2011. Microdatabestand CAPI/CATI*. Heerlen: Centraal Bureau voor de Statistiek.
- CBS (2015b). *Gediplomeerden en Afgestudeerden, onderwijssoort, vanaf 1900*. Den-Haag: Centraal Bureau voor de Statistiek
- CBS (2015e). *Dynamiek op de Nederlandse Arbeidsmarkt. De focus op flexibilisering*. Den-Haag: Centraal bureau voor de Statistiek.
- CPB (2015). *De Onderkant van de arbeidsmarkt in 2025*. Den-Haag: Centraal Planbureau, Sociaal en Cultureel Planbureau.
- Couzy, F.R. (2015). Angst voor banenverlies en 'extreme ongelijkheid' door robotisering is onnodig. *Financieel Dagblad*, 17-06-2015.
- Deloitte (2014). *De impact van automatisering op de Nederlandse Arbeidsmarkt. Een gedegen verkenning op basis van Data Analytics*. Amstelveen.
- Ekbia, H.R. (2014). Heteronomous Humans and Autonomous Agents: Toward Artificial Relational Intelligence. In Romportl, J., Zackova, E., Kelemen, J. (Red), *Beyond Artificial Intelligence. The Disappearing Human-Machine Divide* (p. 63-78). Switzerland: Springer.
- Freeman, R. (2015). Wie de robots bezit, bezit de macht. In: Went, R., Kremer, M., Knottnerus, A. (Red.). *De robot de baas. De toekomst van werk in het tweede machinetijdperk*. Amsterdam: Amsterdam University Press.

- Frey, C.B. & Osborne, M.A. (2013). The future of employment: how susceptible are jobs to computerisation? *Ongepubliceerd manuscript*. University of Oxford: Oxford Martin School.
- Friedman, T.L. (2011). How Did The Robot End Up With My Job? *The New York Times*, 02-10-2011.
- Levy, F. (2008). Computers and the supply of radiology services: The anatomy of a disruptive technology. *Journal of the American College of Radiology*, 5 (10), 1067-1072.
- LISA (2015). *Banenverlies in 2014*. Persbericht 19-02-2014. Enschede: LISA.
- Michaels, G., Natraj, A. & Reenen, J. van (2014). Has ICT Polarized Skill Demand? Evidence from Eleven Countries over 25 Years. *Review of Economics and Statistics*, 96 (1), 60-77.
- Moore, G.E. (1998). Cramming More Components onto Integrated Circuits. *Proceedings Of The IEEE*, 86(1), 82-85.
- Pissarides, C.A. (2005). Is New Technology Good or Bad for Jobs? *Centrepiece*, 10(1), 8-10.
- Est, R. van & Kool, L. (red.)(2015). *Werken aan de robotsamenleving. Visies en inzichten uit de wetenschap over de relatie technologie en werkgelegenheid*. Den Haag: Rathenau Instituut
- Raspe, O., Weterings, A., Geurden-Slis, M. & Gessel, G. van. (2012). *De ratio van ruimtelijk-economisch topsectorenbeleid*. Den-Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- Rifkin, J. (1995). *The End of Work*. New York: G.P. Putnam's Sons.
- Rifkin, J. (2011). *The third industrial revolution. How lateral power is transforming energy, the economy, and the world*. New York: Palgrave Macmillan.
- Runhaar, P. (2014). De robot is en blijft een ding. *Skipr*, 7(9), 10-15.
- Schipper, N. (2014). Hoeveel ruimte gunnen we de robot? *Trouw*, 07-06-2014.
- Snoek, B. (2003). *Robotisering. Ver(der)gaande mechanisatie in de boomkwekerij*. Boskoop: Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.
- Spitz-Oener, A. (2006). Technical Change, Job Tasks, and Rising Educational Demands: Looking outside the Wage Structure. *Journal of Labor Economics*, 24(2), 235-270.
- Vreeburg, A., Vries, M. de. Smoorenburg, M. van. (2014). *UWV Arbeidsmarktprognose 2014-2015*. Amsterdam: UWV afdeling Arbeidsmarktinformatie en -advies.
- Weel, B. ter. (2012). *Loonongelijkheid in Nederland stijgt*. Rapport 6. Den Haag: Centraal Planbureau.
- Weel, B. ter. (2015). De match tussen mens en machine. *Beleid en Maatschappij*, 42(2), 156-1.
- Weel, B. ter, & Kok, S. (2013). *De Nederlandse arbeidsmarkt in taken: eerste bevindingen uit de Nederlandse Skills Survey* Den-Haag: Centraal Planbureau.
- Went, R. & Kremer, M. (2015). Hoe we robotisering de baas kunnen blijven. Inzetten op complementariteit. In: Went, R., Kremer, M., Knottnerus, A. (Red.). *De robot de baas. De toekomst van werk in het tweede machinetijdperk*. Amsterdam: Amsterdam University Press.

### Online bronnen

- CBS (2001). *Standaard Beroepenclassificatie 1992*. Geraadpleegd op 21-04-2015 via: <http://www.cbs.nl/NR/rdonlyres/C2412D09-BC83-464B-BAE3-E1CBF07B3731/0/sbc.pdf>

- CBS (2015a). *Werkloosheid gedaald door afname beroepsbevolking*. Geraadpleegd op 21-04-2015 via: <http://www.cbs.nl/nl-NL/menu/themas/arbeid-sociale-zekerheid/publicaties/artikelen/archief/2015/werkloosheid-gedaald-door-afname-beroepsbevolking.htm>
- CBS (2015c). *SBI 2008 – Standaard Bedrijfsindeling 2008*. Geraadpleegd op 22-04-2015 via: <http://www.cbs.nl/nl-NL/menu/methoden/classificaties/overzicht/sbi/sbi-2008/default.htm>
- CBS (2015d). *Opleidingsniveau*. Geraadpleegd op 03-11-2015 via: <http://www.cbs.nl/nl-NL/menu/methoden/toelichtingen/alfabet/o/opleidingsniveau3.htm>
- CBS (2015f). *Indeling van Nederland in 40 COROP-gebieden*. Geraadpleegd op 22-04-2015 via: <http://www.cbs.nl/NR/rdonlyres/650CB3FA-A552-4809-87F0-3E3B0875C3E9/0/2013corop.pdf>
- CBS Statline (2015). *Banen van werknemers in december; economische activiteit (SBI2008), regio*. Geraadpleegd op 05-11-2015 via: <http://statline.cbs.nl/Statweb/publication/?VW=T&DM=SLNL&PA=81402NED&D1=0&D2=1-27&D3=19-58&D4=6-8&HD=151105-1327&HDR=T,G3&STB=G1,G2>
- CBS Statline (2016a). *Bevolkingsontwikkeling; regio per maand*. Geraadpleegd op 02-03-2016 via: <http://statline.cbs.nl/Statweb/publication/?DM=SLNL&PA=37230ned&D1=0&D2=17-56&D3=l&HDR=G2&STB=G1,T&VW=L>
- CBS Statline (2016b). *Werkzame beroepsbevolking; beroep*. Geraadpleegd op 17-03-2016 via: <http://statline.cbs.nl/Statweb/publication/?DM=SLNL&PA=82808NED&D1=0&D2=0&D3=15-17&D4=0,7,13,15,18,24,28,30,32,38,44,48,55,57,60,67,71,74,77,79,85,90,94,100,105,111,113,116,119,122,126,130,133,137,140,146,148,151,158,162,168,172&D5=54,59,l&HDR=G4,T,G1&STB=G2,G3&VW=T>
- CBS Statline (2016c). *Arbeidsdeelname; regionale indeling 2015*. Geraadpleegd op 20-04-2016 via: <http://statline.cbs.nl/Statweb/publication/?VW=T&DM=SLNL&PA=83360NED&D1=2,6-10&D2=0&D3=17-56&D4=l&HD=160420-1517&HDR=G3,G1,G2&STB=T>
- Deira, S. (2014). *Zelf rijden niet meer nodig met deze auto van Google*. Geraadpleegd op 14-04-2015 via: <http://www.elsevier.nl/Tech/nieuws/2014/5/Zelf-rijden-niet-meer-nodig-met-deze-auto-van-Google-1531994W/>
- LISA (2016). Verschillen LISA, KvK en CBS. Geraadpleegd op 11-02-2016 via <https://www.lisa.nl/data/verschillen-lisa-kvk-cbs>
- Ederveen, T. & Poelvoorde, R. van. (2014). *Alle technologie robotisering noemen is te simpel*. Geraadpleegd op 01-06-2015 via: <http://www.robots.nu/alle-technologie-robotisering-noemen-is-te-simpel/>
- Encyclo (2015). *Zoekterm: Mechanisering*. Geraadpleegd op 14-04-2015 via: <http://www.encyclo.nl/begrip/Mechanisering>
- Hoek, C. van. (2014). *Deels zelfrijdende vrachtwagens bij Zwolle de openbare weg op*. Geraadpleegd op 14-04-2015 via: <http://www.nu.nl/gadgets/3989165/deels-zelfrijdende-vrachtwagens-bij-zwolle-openbare-weg.html>
- Hueck, H. & Went, R. (2014). *Economie van overmorgen – deel 2. Wij en de robots (in die volgorde)*. Geraadpleegd op 02-03-2016 via: <http://www.rtlnieuws.nl/sites/default/files/redactie/public/economievanmorgen2/index.htm>

- Manjoo, F. (2011). *Will Robots Steal Your Job? You're Highly educated. You make a lot of money. You should still be afraid.* The Slate Group. Geraadpleegd op 14-04-2015 via: [http://www.slate.com/articles/technology/robot\\_invasion/2011/09/will\\_robots\\_steal\\_your\\_job.html](http://www.slate.com/articles/technology/robot_invasion/2011/09/will_robots_steal_your_job.html)
- Noort, W. van. (2014). Daar komen de robots! *Elsevier*. Geraadpleegd op 14-04-2015 via <http://www.elsevier.nl/juist/achtergrond/2014/10/Daar-komen-de-robots-1613573W/>
- NOS. (2015). Zelfrijdende auto in december de weg op. Geraadpleegd op 03-11-2015 via; <http://nos.nl/artikel/2015674-zelfrijdende-auto-in-december-de-weg-op.html>
- PWC. (2015). Digitalisering en robotisering vragen om employability. De toekomst van de arbeidsmarkt in de zakelijke en financiële dienstverlening. Geraadpleegd op 17-03-2016 via: <https://www.pwc.nl/nl/assets/documents/pwc-arbeidsmarkt-digitalisering-robotisering-employability.pdf>
- UWV (2015). Arbeidsmarktprognose 2015-2016. Geraadpleegd op 06-06-2016 via [http://www.uwv.nl/overuwv/Images/UWV\\_Arbeidsmarktprognose%202015-2016.pdf](http://www.uwv.nl/overuwv/Images/UWV_Arbeidsmarktprognose%202015-2016.pdf)

## Bijlage 1 Begrippenlijst

**Automatisering** - "the art of applying mechanical devices to manipulate work pieces... in timed sequence with the production equipment so that the line can be put wholly or partially under pushbutton control at strategic stations" (Carr, 2015). Automatisering gaat nog een stapje verder dan mechanisering, aangezien het een geheel proces betreft waarin ook veel van het 'denkwerk' door computers gedaan wordt naast dat machines het gebruik van arbeidskrachten verminderen of vervangen.

**Automatiseerbaarheid** - maatstaf waarmee de vervanging van mensen door machines aan te geven is.

**COROP regio** - één of meer aangrenzende gemeenten in een provincie ontworpen voor regionaal onderzoek. De COROP-indeling is een regionaal niveau tussen gemeenten en provincies in. Deze indeling in 40 regio's vormt niveau 3 van de Europese NUTS-indeling en is vastgesteld volgens de gemeentelijke indeling van Nederland op 1 januari 2013 (CBS, 2015f).

**Hoogopgeleiden** - personen die minstens een hbo bachelor, hbo master, wo bachelor, wo master of doctoraat voltooid hebben (CBS, 2015d).

**Laagopgeleiden** - personen die het basisonderwijs, vmbo, mbo1 of avo onderbouw afgerond hebben (CBS, 2015d).

**LISA** - LISA staat voor Landelijk Informatiesysteem van Arbeidsplaatsen en is een databestand met gegevens over alle vestigingen in Nederland waar betaald werk wordt verricht. Het LISA vestigingenregister bevat informatie over ruim 1.286.200 vestigingen in Nederland, waaronder niet alleen ondernemingen, maar ook zelfstandigen meegerekend worden (LISA, 2016).

**Middelopgeleiden** - behoren tot de groep die havo, vwo, mbo2, mbo3 of mbo4 hebben gedaan (CBS, 2015d).

**Standaard bedrijfsindeling 2008 (SBI 2008)** - de Nederlandse hiërarchische indeling van economische activiteiten die vanaf 2008 door het CBS wordt gebruikt om bedrijfseenheden in te delen naar hun hoofdactiviteit.

**Standaard Beroepenclassificatie 1992 (SBC 1992)** - de door het CBS gehanteerde indeling van beroepen op grond van de aard van de werkzaamheden. Kenmerkend voor de SBC 1992 is dat de belangrijkste criteria het niveau en de richting van de benodigde bekwaamheden zijn. Binnen de aldus ontstane categorieën wordt een onderscheid gemaakt naar werksoorten. De totale indeling omvat een verzameling volgens gelijke criteriawaarden gecodeerde takenpakketten, samengevoegd tot 1211 beroepen.

**Robotisering** - aaneenschakeling van gemechaniseerde processen waarbij het menselijk ingrijpen steeds verder geëlimineerd wordt (Snoek, 2013).

**Robots** - de robot is de 'tool', machine of computer die ervoor zorgt dat de aaneenschakeling van gemechaniseerde processen mogelijk is met het elimineren van menselijk ingrijpen tot gevolg.

## Bijlage 2      Overzicht van de gebruikte datasets voor beide onderzoeksmethoden

Onderstaande tabel geeft het overzicht weer voor de gebruikte datasets en databewerking voor methode 1 en methode 2.

<b>Methode 1</b>	<b>Methode 2</b>
Standaard Beroepen Classificatie (SBC) - 1992 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 128 werksoorten</li> <li>- 121 beroepsgroepen</li> </ul>	O*NET (Amerikaanse beroependatabank) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 702 beroepen en omschrijvingen</li> </ul>
Classificatie van routinematigheid (Spitz-Oener, 2006) <ul style="list-style-type: none"> <li>- 5 classificatiegroepen</li> </ul>	Frey & Osborne (2013) <ul style="list-style-type: none"> <li>- Automatiseerbaarheidsindexen voor de 702 O*NET beroepen</li> </ul>
Standaard Bedrijfsindeling (SBI) – 2008 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 38 sectoren</li> </ul>	Standaard Bedrijfsindeling (SBI) – 2008 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 38 sectoren</li> </ul>
Eigen data bewerking: Classificeren van 128 werksoorten in 1 van de 5 groepen op basis van routinematigheid <ul style="list-style-type: none"> <li>- 7 medewerkers van de Faculteit Ruimtelijke Wetenschappen</li> <li>- 2 personen als controlegroep</li> </ul>	Eigen data bewerking: <ul style="list-style-type: none"> <li>- 7 personen hebben elk ±100 beroepen gelinkt aan de meest passende sector voor elk beroep</li> <li>- Ikzelf ben alle 702 beroepen meerdere malen bij langs gegaan voor de uiteindelijke link met sectoren</li> </ul>

**Bijlage 3      Lijst van de 38 sectoren in Nederland, gebruikt bij methoden 1 en 2**

De 38 sectoren van de Standaard Beroepenindeling 2008 (CBS, 2011).

1	Landbouw, bosbouw en visserij
2	Winning van delfstoffen
3	Vervaardiging van voedingsmiddelen, dranken en tabaksproducten
4	Vervaardiging van textiel, kleding, leer, lederwaren en schoenen
5	Primaire houtbewerking, vervaardiging van papier en drukkerijen
6	Vervaardiging van cokesovenproducten en aardolieverwerking
7	Vervaardiging van chemische producten
8	Vervaardiging van farmaceutische grondstoffen en producten
9	Vervaardiging van producten van rubber en kunststof en overige niet-metaalhoudende minerale producten
10	Vervaardiging van metalen in primaire vormen en producten van metaal (geen machines en apparaten)
11	Vervaardiging van computers en van elektronische en optische apparatuur
12	Vervaardiging van elektrische apparatuur
13	Vervaardiging van overige machines en apparaten
14	Vervaardiging van auto's, aanhangwagens en opleggers en overige transportmiddelen
15	Vervaardiging van meubels, overige goederen en reparatie en installatie van machines en apparaten
16	Productie en distributie van en handel in elektriciteit, aardgas, stoom en gekoelde lucht
17	Winning en distributie van water; afval en afvalwaterbeheer en sanering
18	Bouwnijverheid
19	Groot- en detailhandel; reparatie van auto's
20	Vervoer en opslag
21	Logies, maaltijd- en drankverstrekking
22	Uitgeverijen; Productie, distributie van films en televisieprogramma's; Verzorgen en uitzenden van radio- en televisieprogramma's
23	Telecommunicatie
24	Dienstverlenende activiteiten op het gebied van informatietechnologie en informatie
25	Financiële instellingen
26	Verhuur van en handel in onroerend goed
27	Rechtskundige dienstverlening; Holdings; Architecten
28	Speur- en ontwikkelingswerk
29	Reclame en marktonderzoek; Industrieel ontwerp en vormgeving; Veterinaire dienstverlening
30	Verhuur van roerende goederen en overige zakelijke dienstverlening
31	Openbaar bestuur, overheidsdiensten en verplichte sociale verzekeringen
32	Onderwijs
33	Gezondheidszorg
34	Verpleging, verzorging en begeleiding; Maatschappelijke dienstverlening
35	Cultuur, sport en recreatie
36	Overige dienstverlening
37	Huishoudens als werkgever, niet gedifferentieerde productie van goederen en diensten door huishoudens voor eigen gebruik
38	Extraterritoriale organisaties en lichamen

**Bijlage 4      Lijst van de 128 werksoorten, gebruikt bij methode 1**

De 128 werksoorten van de Standaard Beroepenclassificatie 1992 (CBS, 2001).

001	leidinggeven aan leidinggevenden en beleidvoeren	065	monteren, repareren: sterkstroom
002	leidinggeven aan uitvoerenden en beleidvoeren	066	monteren, repareren: zwakstroom
003	leidinggeven aan uitvoerenden zonder beleidvoeren	067	monteren, repareren: elektronica
004	beleid voeren zonder leidinggeven	068	metselen, voegen, tegelzetten
005	beleid voorbereiden	069	stukadoren
006	werkvoorbereiden, werk coördineren	070	beton-, betonstaalwerk verrichten
007	calculeren	071	timmeren
008	inspecteren	072	machinaal houtbewerken
009	adviseren: juridisch, fiscaal	073	vloerbedekken, stofferen
010	adviseren: organisatorisch	074	schilderen, verven, spuiten
011	adviseren: commercieel, economisch	075	glaszetten, glassnijden
012	adviseren: technisch, technologisch	076	dakdekken
013	adviseren: sociaal, maatschappelijk	077	onderhoudswerk: timmeren, metselen, glaszetten
014	voorlichten	078	onderhoudswerk: elektrische installaties
015	onderzoeken: niet cijfermatig	079	onderhoudswerk: gas-, water-, verwarmingsinstallaties
016	onderzoeken: cijfermatig (excl. analistenwerk)	080	straatmaken, grondwerken
017	analistenwerk	081	drukvoorbereiden: tekst
018	controleren, testen, sorteren	082	drukvoorbereiden: beeld
019	schrijven, redigeren, vertalen	083	drukken
020	informatica ontwikkelen, adviseren	084	grafisch nabewerken
021	informatica beheren, verwerken	085	confectiewerk verrichten, kleermaken
022	ontwerpen, construeren	086	leder bewerken
023	technisch tekenen, berekenen, meten	087	snijden, slachten
024	personeelswerk verrichten	088	voedsel bereiden (niet kant en klaar)
025	secretarieel werk verrichten	089	voedsel bereiden (kant en klaar)
026	administreren: cijfermatig	090	serveren
027	administreren: toetsing aan regels	091	productiemachines, -apparatuur bedienen
028	administreren: teksten	092	productiemachines instellen, ombouwen
029	typen, tekstverwerken	093	(productie)processen bewaken
030	archieff-, bibliotheekwerk verrichten	094	samenstellen, assembleren
031	verrichten kantoor- hulpwerkzaamheden	095	inpakken, verpakken (handmatig)
032	ontvangen	096	slopen
033	handel drijven in het groot	097	demonteren
034	inkopen	098	ambachtelijk vervaardigen, repareren
035	verkopen: vertegenwoordigen	099	les geven, doceren
036	verkopen (excl. vertegenwoordigen)	100	training geven (fysiek)
037	afrekenen	101	genezen mensen
038	opslaan, uitgeven	102	geneeskundig assisteren: technisch
039	laden, lossen	103	geneeskundig assisteren: niet technisch
040	bezorgen	104	steriliseren
041	transporteren, sjouwen	105	therapeutisch begeleiden (fysiek)
042	mobiele machines, kranen bedienen	106	agogisch, maatschappelijk begeleiden
043	besturen vliegtuig	107	verplegen
044	besturen vaartuig	108	verzorgen, helpen mensen



045	besturen railvoertuig	109	verzorgen uiterlijk
046	besturen vrachtauto	110	dieren genezen
047	besturen autobus	111	diergeneeskundig assisteren
048	besturen personenauto, bestelauto	112	dieren verzorgen, africhten
049	bewaken, beveiligen, toezicht houden	113	jagen, ongedierte bestrijden
050	schoonmaken huishoudelijk, kantoor	114	tuinbouwwerk verrichten
051	schoonmaken, industrieel reinigen	115	hovenierswerk verrichten
052	smelten, vormen, gieten	116	landbouwwerk verrichten (excl. veeteelt)
053	verspanen	117	veeteeltwerk verrichten
054	bankwerken	118	bosbouwwerk verrichten
055	gereedschapmaken, fijnbankwerken, instrumentmaken	119	visserijwerk verrichten
056	plastisch vormgeven	120	beeld-, geluids-, zend-, belichtingsapparatuur bedien
057	plaatwerken	121	acteren, regisseren
058	lassen, snijden, solderen	122	presenteren: programma's
059	isoleren	123	presenteren: uiterlijk
060	monteren: leidingen (installatietechniek)	124	dansen
061	monteren: constructies	125	zingen
062	monteren, samenbouwen: machines, apparaten	126	musiceren, dirigeren, componeren
063	monteren, repareren: mechanisch	127	beeldende kunst beoefenen
064	onderhouden, repareren: (motor-)voertuigen	128	sport beoefenen

**Bijlage 5      Lijst van de 121 beroepsgroepen, gebruikt bij methode 1**

De 121 beroepsgroepen van de Standaard beroepenclassificatie 1992 (CBS, 2011).

111	elementaire beroepen
211	lagere niet-specialistische beroepen
234	lagere docenten sportvakken
242	lagere algemeen agrarische beroepen
243	lagere technisch agrarische beroepen
251	lagere wiskundige, natuurwetenschappelijke beroepen
261	lagere technische beroepen (ongeacht specialisatie)
262	lagere bouwkundige beroepen
263	lagere weg- en waterbouwkundige beroepen
264	lagere metaalkundige beroepen
265	lagere werktuigbouwkundige beroepen e.d.
267	lagere elektrotechnische beroepen
268	lagere grafische beroepen
271	lagere procestechnische beroepen
272	lagere technische beroepen neg
282	lagere algemene transportberoepen
292	lagere (para)medische beroepen
315	lagere administratieve beroepen
316	lagere (technisch-) commerciële beroepen
317	lagere verkoopberoepen
342	lagere beveiligingsberoepen
372	lagere algemeen verzorgende beroepen e.d.
373	lagere commercieel-verzorgende beroepen
427	middelbare docenten sportvakken
434	middelbare docenten sportvakken
442	middelbare (technisch-) agrarische beroepen
444	middelbare commercieel-agrarische beroepen
451	middelbare wiskundige, natuurwetenschappelijke beroepen
461	middelbare technische beroepen (ongeacht specialisatie)
462	middelbare bouwkundige beroepen
463	middelbare weg- en waterbouwkundige beroepen
464	middelbare metaalkundige beroepen
465	middelbare werktuigbouwkundige beroepen e.d.
466	middelbare elektrotechnische beroepen (automatisering e.d.)
467	middelbare elektrotechnische beroepen (excl. automatisering e.d.)
468	middelbare grafische beroepen e.d.
471	middelbare procestechnische beroepen
472	middelbare technische beroepen neg
473	middelbare technische beveiligingsberoepen
482	middelbare algemene transportberoepen
484	middelbare economisch-administratieve transportberoepen
485	middelbare verzorgende transportberoepen
492	middelbare algemene (para)medische beroepen
493	middelbare technisch-(para)medische beroepen
494	middelbare economisch-administratieve (para)medische beroepen
495	middelbare verzorgend-(para)medische beroepen

513	middelbare bedrijfskundige beroepen
514	middelbare administratieve beroepen (automatisering e.d.) e.d.
515	middelbare administratieve beroepen (excl. automatisering e.d.) e.d.
516	middelbare commerciële beroepen e.d.
517	middelbare verkoopberoepen
521	middelbare technisch-, wiskundig- commerciële, administratieve beroepen
532	middelbare juridische, bestuurlijke beroepen
542	middelbare beveiligingsberoepen
553	middelbare taalkundige beroepen e.d.
554	middelbare kunstzinnige beroepen
563	middelbare sociaal-maatschappelijke beroepen e.d.
572	middelbare algemeen verzorgende beroepen
573	middelbare commercieel-verzorgende beroepen e.d.
621	hogere pedagogische beroepen (ongeacht specialisatie)
622	hogere onderwijskundige, pedagogische beroepen
623	docenten basisonderwijs, algemeen vormende vakken
625	docenten exacte, (para)medische, verzorgende vakken (2e en 3e gr)
626	docenten agrarische, technische, transportvakken (2e en 3e gr)
631	docenten economische, administratieve, juridische vakken (2e en 3e gr)
633	docenten taalkundige, culturele vakken e.d. (2e en 3e gr)
634	docenten sociale, psychologische vakken (2e en 3e gr)
642	hogere landbouwkundige beroepen
651	hogere wiskundige, natuurwetenschappelijke beroepen
662	hogere bouwkundigen, technische beveiligingsberoepen
663	hogere weg- en waterbouwkundigen
664	hogere metaalkundige beroepen
665	hogere werktuigbouwkundige beroepen e.d.
666	hogere elektrotechnische beroepen (automatisering e.d.)
667	hogere elektrotechnische beroepen (excl. automatisering e.d.)
671	hogere procestechische beroepen e.d.
682	hogere transportberoepen (excl. technisch)
692	hogere algemene, verzorgende (para)medische beroepen
693	hogere technisch-(para)medische beroepen
712	hogere algemeen economische beroepen
713	hogere bedrijfskundige beroepen e.d.
714	hogere administratieve beroepen (automatisering e.d.)
715	hogere administratieve beroepen (excl. automatisering e.d.)
716	hogere commerciële beroepen e.d.
721	hogere technisch-, wiskundig- commerciële, administratieve beroepen
732	hogere juridische, bestuurlijke beroepen
742	hogere algemene beveiligingsberoepen
752	hogere taalkundige beroepen
753	hogere bibliotheek-, documentatieberoepen
754	hogere kunstzinnige beroepen
762	hogere theologische beroepen
763	hogere sociaal-maatschappelijke beroepen
764	hogere beroepen in de journalistiek
765	hogere sociaalwetenschappelijke beroepen e.d.
772	hogere verzorgende beroepen

788	managers (hbo werk- en denkniveau) e.d.
821	wetenschappelijke pedagogische beroepen (ongeacht specialisatie)
822	wetenschappelijke onderwijskundige, pedagogische beroepen
825	docenten exacte, (para)medische, verzorgende vakken (1e gr en WO)
826	docenten agrarische, technische, transportvakken (1e gr en WO)
831	docenten economische, administratieve, juridische vakken (1e gr en WO)
833	docenten taalkundige, culturele vakken (1e gr en WO)
834	docenten sociale, psychologische vakken (1e gr en WO)
842	wetenschappelijke landbouwkundige beroepen
851	wetenschappelijke wiskundige, natuurwetenschappelijke beroepen
861	wetenschappelijke technische (ongeacht specialisatie), werktuigbouwkundige beroepen
862	wetenschappelijke (weg- en water-)bouwkundige beroepen e.d.
867	wetenschappelijke elektrotechnische beroepen
871	wetenschappelijke materiaalkundige, procestechnische beroepen e.d.
892	wetenschappelijke (para)medische beroepen (excl. technisch) e.d.
893	wetenschappelijke technisch (para)medische beroepen
912	wetenschappelijke algemeen-economische, commerciële beroepen e.d.
913	wetenschappelijke (technisch-) bedrijfskundige, wiskundig-economische beroepen
914	wetenschappelijke administratieve beroepen (automatisering e.d.)
915	wetenschappelijke administratieve beroepen (excl. automatisering e.d.)
932	wetenschappelijke juridische, bestuurlijke beroepen
962	wetenschappelijke theologische beroepen
963	wetenschappelijke sociaal-maatschappelijke beroepen
964	wetenschappelijke journalistieke, taalkundige, culturele beroepen
965	wetenschappelijke sociaalwetenschappelijke beroepen
988	managers (wetenschappelijk werk- en denkniveau)

**Bijlage 6      Overzicht van de 40 COROP regio's in Nederland**

De 40 COROP regio's, als gedefinieerd volgens het CBS via de gemeentelijke indeling van Nederland op 1 januari 2013 (CBS, 2015f).

1	Oost-Groningen	21	Agglomeratie Haarlem
2	Delfzijl en omgeving	22	Zaanstreek
3	Overig Groningen	23	Groot-Amsterdam
4	Noord-Friesland	24	Het Gooi en Vechtstreek
5	Zuidwest-Friesland	25	Agglomeratie Leiden en Bollenstreek
6	Zuidoost-Friesland	26	Agglomeratie 's-Gravenhage
7	Noord-Drenthe	27	Delft en Westland
8	Zuidoost-Drenthe	28	Oost-Zuid-Holland
9	Zuidwest-Drenthe	29	Groot-Rijnmond
10	Noord-Overijssel	30	Zuidoost-Zuid-Holland
11	Zuidwest-Overijssel	31	Zeeuwsch-Vlaanderen
12	Twente	32	Overig Zeeland
13	Veluwe	33	West-Noord-Brabant
14	Achterhoek	34	Midden-Noord-Brabant
15	Arnhem/Nijmegen	35	Noordoost-Noord-Brabant
16	Zuidwest-Gelderland	36	Zuidoost-Noord-Brabant
17	Utrecht	37	Noord-Limburg
18	Kop van Noord-Holland	38	Midden-Limburg
19	Alkmaar en omgeving	39	Zuid-Limburg
20	IJmond	40	Flevoland

**Bijlage 7 Methode 1 - aantal banen per classificatiegroep per sector**

De tabel laat het totaal aantal banen zien per sector en per classificatiegroep. Kolommen 3 t/m 7 zijn bij elkaar opgeteld voor elke sector het totaal aantal banen, weergegeven in kolom 2. Kolom 8 toont het aantal banen wanneer de groepen 3 en 4 bij elkaar opgeteld zijn. De sectoren staan op volgorde van hoogste naar laagste aantal banen in deze kolom. De meest rechter kolom geeft het aandeel automatiseerbare banen weer in procenten van de gehele sector, uitgaande van de aantallen in kolom 8.

Sector	Totaal	1	2	3	4	5	3 + 4	%
Groot- en detailhandel; reparatie van auto's	35791	733	13164	3437	11351	7106	14788	41,3
Vervoer en opslag	11159	201	2502	1378	6212	867	7590	68,0
Openbaar bestuur, overheidsdiensten en verplichte sociale verzekeringen	15844	2253	5865	4870	2216	640	7086	44,7
Verpleging, verzorging en begeleiding; Maatschappelijke dienstverlening	23567	1013	9854	2322	3512	6865	5835	24,8
Gezondheidszorg	18490	2959	5669	3940	1379	4543	5319	28,8
Bouwnijverheid	13488	307	3312	2388	2377	5105	4764	35,3
Verhuur van roerende goederen en overige zakelijke dienstverlening	9524	350	2726	1647	3034	1767	4682	49,2
Rechtskundige dienstverlening; Holdings; Architecten	10769	1830	4127	3216	1161	436	4377	40,6
Logies, maaltijd- en drankverstrekking	9787	39	2341	723	3496	3158	4219	43,2
Onderwijs	17665	1509	13068	1705	874	508	2580	14,6
Financiële instellingen	6837	613	3907	1809	435	73	2244	32,8
Vervaardiging van meubels, overige goederen en reparatie en installatie van machines en apparaten	4623	139	1167	730	1223	1363	1953	42,2
Vervaardiging van voedingsmiddelen, dranken en tabaksproducten	4217	192	1344	526	1260	895	1786	42,3
Landbouw, bosbouw en visserij	5700	83	1162	625	976	2854	1601	28,1
Vervaardiging van metalen in primaire vormen en producten van metaal (geen machines en apparaten)	3512	87	830	518	989	1088	1508	42,9
Dienstverlenende activiteiten op het gebied van informatietechnologie en informatie	4863	1065	2189	1329	139	141	1468	30,2
Overige dienstverlening	4847	277	2081	550	823	1116	1373	28,3
Cultuur, sport en recreatie	4704	329	2383	639	694	660	1333	28,3
Reclame en marktonderzoek; Industrieel ontwerp en vormgeving; Veterinaire dienstverlening	3569	387	1288	502	697	694	1199	33,6
Primaire houtbewerking, vervaardiging van papier en drukkerijen	2117	48	538	401	631	500	1031	48,7
Uitgeverijen; Productie, distributie van films, radio- en televisieprogramma's	2264	232	870	306	537	320	843	37,2
Vervaardiging van overige machines en apparaten	2252	154	744	390	384	579	774	34,4
Verhuur en handel in onroerend goed	1916	142	884	497	265	129	761	39,7
Vervaardiging van producten van rubber en kunststof en overige niet-metaalhoudende minerale producten	1705	67	483	267	457	431	723	42,4

Vervaardiging van chemische producten	1651	182	640	329	247	253	576	34,9
Winning en distributie van water; afval en afvalwaterbeheer en sanering	1016	40	281	176	353	166	529	52,1
Vervaardiging van auto's, aanhangwagens en opleggers en overige transportmiddelen	1112	43	268	184	287	330	471	42,4
Telecommunicatie	1197	87	532	335	135	107	471	39,3
Productie en distributie en handel in elektriciteit, aardgas, stoom en gekoelde lucht	1018	70	400	271	122	155	394	38,7
Vervaardiging van computers en van elektronische en optische apparatuur	1056	103	409	205	160	178	365	34,6
Speur- en ontwikkelingswerk	933	156	403	266	48	60	314	33,7
Vervaardiging van textiel, kleding, leer, lederwaren en schoenen	512	17	136	71	149	139	220	43,0
Vervaardiging van farmaceutische grondstoffen en producten	534	64	207	126	71	66	197	36,8
Vervaardiging van elektrische apparatuur	499	28	176	90	92	113	182	36,5
Winning van delfstoffen	237	21	90	51	38	37	89	37,5
Huishoudens als werkgever, niet gedifferentieerde productie van goederen en diensten door huishoudens voor eigen gebruik	265	3	58	13	73	118	86	32,5
Vervaardiging van cokesovenproduct en aardolieverwerking	288	45	122	49	33	39	83	28,7
Extraterritoriale organisaties en lichamen	28	6	9	8	4	2	12	41,8

**Bijlage 8 Methode 1 - regionale uitwerking, aantal automatiseerbare banen**

In onderstaande tabel is voor elke regio de baanverdeling aangegeven over de vijf routinematigheids-groepen. De kolom rechtsonder geeft het totaal aantal automatiseerbare banen weer per regio, door de aantallen van groepen 3 en 4 bij elkaar op te tellen.

Regio	1	Regio	2	Regio	3
Groot-Amsterdam	62760	Groot-Amsterdam	319479	Groot-Amsterdam	141895
Utrecht	53696	Utrecht	265414	Utrecht	116720
Groot-Rijnmond	40454	Groot-Rijnmond	225109	Groot-Rijnmond	97516
Agglomeratie 's-Gravenhage	33594	Agglomeratie 's-Gravenhage	151466	Agglomeratie 's-Gravenhage	73615
Zuidoost-Noord-Brabant	27475	Zuidoost-Noord-Brabant	147971	Zuidoost-Noord-Brabant	65432
Arnhem/Nijmegen	25592	Arnhem/Nijmegen	133883	Arnhem/Nijmegen	57232
Veluwe	22792	Veluwe	126913	Veluwe	54329
Noordoost-Noord-Brabant	19435	Noordoost-Noord-Brabant	115167	Noordoost-Noord-Brabant	49611
West-Noord-Brabant	19082	West-Noord-Brabant	111838	West-Noord-Brabant	48105
Zuid-Limburg	18930	Twente	106659	Zuid-Limburg	44600
Twente	17325	Zuid-Limburg	105572	Twente	44178
Overig Groningen	15095	Midden-Noord-Brabant	82558	Overig Groningen	33389
Midden-Noord-Brabant	13142	Overig Groningen	76888	Midden-Noord-Brabant	33293
Flevoland	12048	Flevoland	66228	Noord-Overijssel	28475
Agglomeratie Leiden en Bollenstreek	11729	Noord-Overijssel	66005	Flevoland	27766
Noord-Overijssel	10994	Achterhoek	65476	Achterhoek	26895
Zuidoost-Zuid-Holland	10221	Agglomeratie Leiden en Bollenstreek	61673	Zuidoost-Zuid-Holland	26875
Achterhoek	10119	Zuidoost-Zuid-Holland	61635	Agglomeratie Leiden en Bollenstreek	25565
Kop van Noord-Holland	9509	Kop van Noord-Holland	56880	Kop van Noord-Holland	24994
Noord-Friesland	9122	Noord-Friesland	54580	Noord-Friesland	23061
Noord-Limburg	8552	Noord-Limburg	49110	Noord-Limburg	21125
Het Gooi en Vechtstreek	8015	Overig Zeeland	45220	Overig Zeeland	19153
Overig Zeeland	7524	Oost-Zuid-Holland	43146	Delft en Westland	17889
Delft en Westland	7423	Delft en Westland	42824	Oost-Zuid-Holland	17839
Oost-Zuid-Holland	7306	Het Gooi en Vechtstreek	41830	Het Gooi en Vechtstreek	16863
Alkmaar en omgeving	7034	Alkmaar en omgeving	39641	Midden-Limburg	16802
Zuidwest-Gelderland	6362	Midden-Limburg	39597	Zuidwest-Gelderland	16759
Agglomeratie Haarlem	6344	Zuidwest-Gelderland	38205	Alkmaar en omgeving	16647
Zuidoost-Friesland	5533	Zuidoost-Friesland	34838	Agglomeratie Haarlem	14066
Noord-Drenthe	5419	Agglomeratie Haarlem	33395	Zuidoost-Friesland	14035
Zuidwest-Overijssel	4535	Noord-Drenthe	30161	Noord-Drenthe	12756
Zaanstreek	4471	IJmond	26533	IJmond	11421
IJmond	4265	Zuidoost-Drenthe	26101	Zaanstreek	11072
Zuidoost-Drenthe	4119	Zuidwest-Overijssel	25454	Zuidoost-Drenthe	10902
Zuidwest-Drenthe	3917	Zaanstreek	25370	Zuidwest-Overijssel	10837
Oost-Groningen	3169	Zuidwest-Drenthe	23478	Zuidwest-Drenthe	10097
Zeeuwsch-Vlaanderen	2660	Oost-Groningen	19909	Oost-Groningen	8327
Zuidwest-Friesland	2585	Zeeuwsch-Vlaanderen	17037	Zeeuwsch-Vlaanderen	7120
Delfzijl en omgeving	1167	Zuidwest-Friesland	16549	Zuidwest-Friesland	6926
Midden-Limburg	494	Delfzijl en omgeving	6841	Delfzijl en omgeving	3005



<b>Regio</b>	<b>4</b>	<b>Regio</b>	<b>5</b>	<b>Regio</b>	<b>3+4</b>
Groot-Amsterdam	182063	Groot-Amsterdam	133358	Groot-Amsterdam	323958
Groot-Rijnmond	135474	Utrecht	117097	Utrecht	248550
Utrecht	131830	Groot-Rijnmond	109322	Groot-Rijnmond	232990
Zuidoost-Noord-Brabant	85617	Zuidoost-Noord-Brabant	79139	Zuidoost-Noord-Brabant	151049
Agglomeratie 's-Gravenhage	74294	Veluwe	66480	Agglomeratie 's-Gravenhage	147910
Arnhem/Nijmegen	70779	Arnhem/Nijmegen	65579	Arnhem/Nijmegen	128011
West-Noord-Brabant	70553	Noordoost-Noord-Brabant	64835	Veluwe	124760
Veluwe	70431	West-Noord-Brabant	62529	West-Noord-Brabant	118658
Noordoost-Noord-Brabant	68948	Twente	61714	Noordoost-Noord-Brabant	118559
Twente	63529	Agglomeratie 's-Gravenhage	61383	Twente	107707
Zuid-Limburg	58798	Zuid-Limburg	53224	Zuid-Limburg	103398
Midden-Noord-Brabant	49555	Midden-Noord-Brabant	43407	Midden-Noord-Brabant	82849
Achterhoek	41030	Achterhoek	41833	Overig Groningen	73140
Noord-Overijssel	39835	Overig Groningen	38362	Noord-Overijssel	68310
Overig Groningen	39752	Noord-Overijssel	38083	Achterhoek	67925
Zuidoost-Zuid-Holland	39255	Zuidoost-Zuid-Holland	35918	Zuidoost-Zuid-Holland	66130
Flevoland	37462	Kop van Noord-Holland	34236	Flevoland	65228
Noord-Limburg	34332	Flevoland	34077	Kop van Noord-Holland	59047
Kop van Noord-Holland	34053	Noord-Limburg	32438	Agglomeratie Leiden en Bollenstreek	57503
Agglomeratie Leiden en Bollenstreek	31938	Agglomeratie Leiden en Bollenstreek	31555	Noord-Limburg	55457
Noord-Friesland	29928	Noord-Friesland	28955	Noord-Friesland	52990
Overig Zeeland	27501	Overig Zeeland	27653	Overig Zeeland	46655
Zuidwest-Gelderland	26154	Delft en Westland	24431	Oost-Zuid-Holland	43018
Oost-Zuid-Holland	25179	Midden-Limburg	24103	Zuidwest-Gelderland	42913
Midden-Limburg	24750	Oost-Zuid-Holland	23240	Midden-Limburg	41553
Delft en Westland	23242	Zuidwest-Gelderland	23115	Delft en Westland	41130
Het Gooi en Vechtstreek	21643	Zuidoost-Friesland	20334	Het Gooi en Vechtstreek	38506
Alkmaar en omgeving	20954	Alkmaar en omgeving	19567	Alkmaar en omgeving	37601
Zuidoost-Friesland	20441	Het Gooi en Vechtstreek	19129	Zuidoost-Friesland	34476
Agglomeratie Haarlem	17244	Noord-Drenthe	16650	Agglomeratie Haarlem	31310
IJmond	17232	Zuidoost-Drenthe	16303	Noord-Drenthe	28973
Noord-Drenthe	16217	IJmond	15820	IJmond	28652
Zuidoost-Drenthe	15953	Agglomeratie Haarlem	15385	Zuidoost-Drenthe	26855
Zaanstreek	15167	Zuidwest-Overijssel	14948	Zaanstreek	26239
Zuidwest-Overijssel	14731	Zuidwest-Drenthe	13985	Zuidwest-Overijssel	25568
Zuidwest-Drenthe	13894	Zaanstreek	12890	Zuidwest-Drenthe	23990
Oost-Groningen	12227	Oost-Groningen	12264	Oost-Groningen	20554
Zeeuwsch-Vlaanderen	11398	Zeeuwsch-Vlaanderen	10927	Zeeuwsch-Vlaanderen	18518
Zuidwest-Friesland	10451	Zuidwest-Friesland	10494	Zuidwest-Friesland	17377
Delfzijl en omgeving	4400	Delfzijl en omgeving	4134	Delfzijl en omgeving	7405

**Bijlage 9 Methode 1 - regionale uitwerking, percentage automatiseerbare banen**

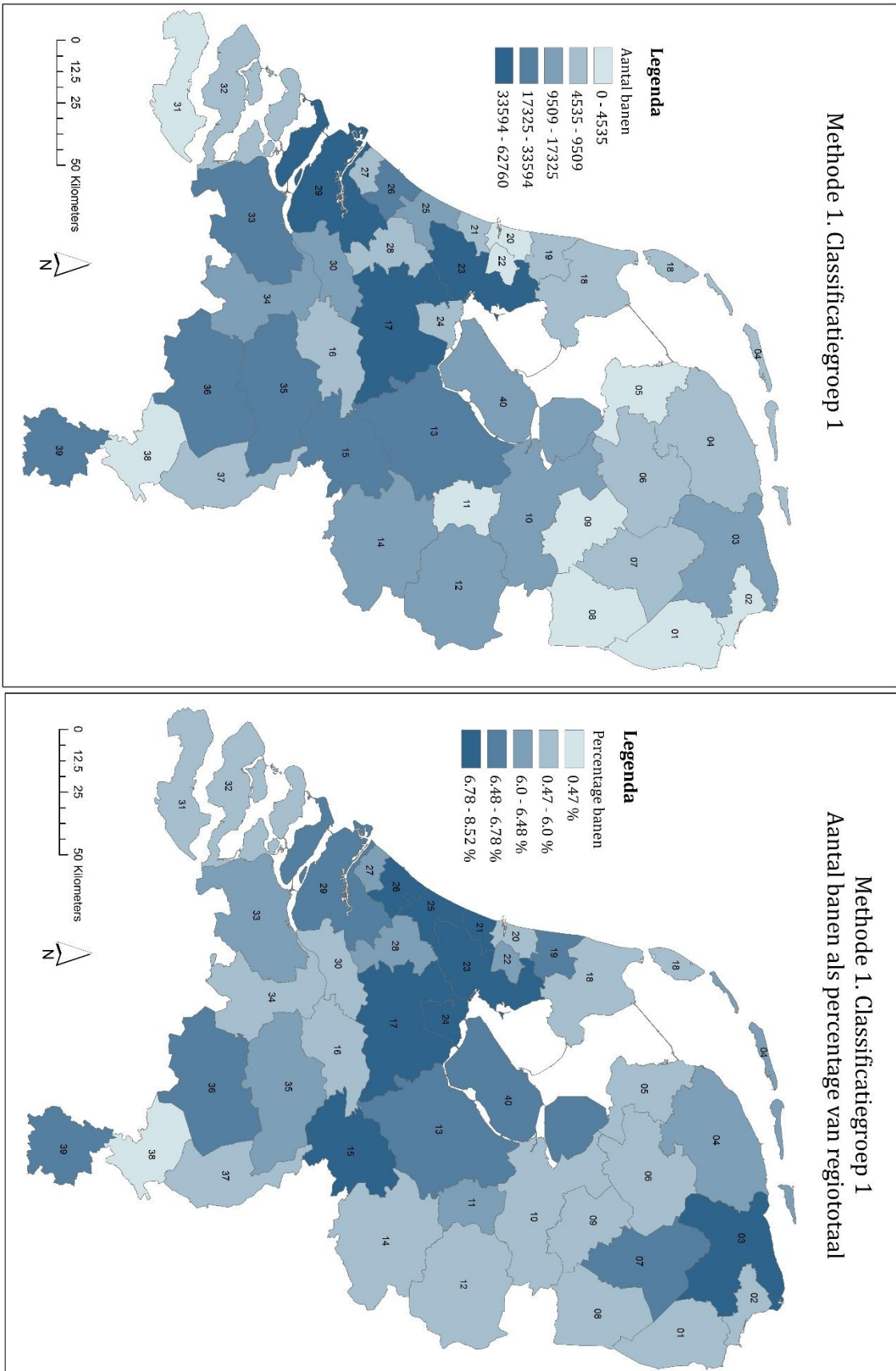
De tabel geeft per COROP regio voor elke routinematigheidsgroep het aandeel banen weer in percentages van het totaal aantal banen in de regio. Voor de groepen 3 en 4 geeft dit het aandeel automatiseerbare banen weer. De kolom rechtsonder geeft de percentages weer van de groepen 3 en 4 bij elkaar opgeteld.

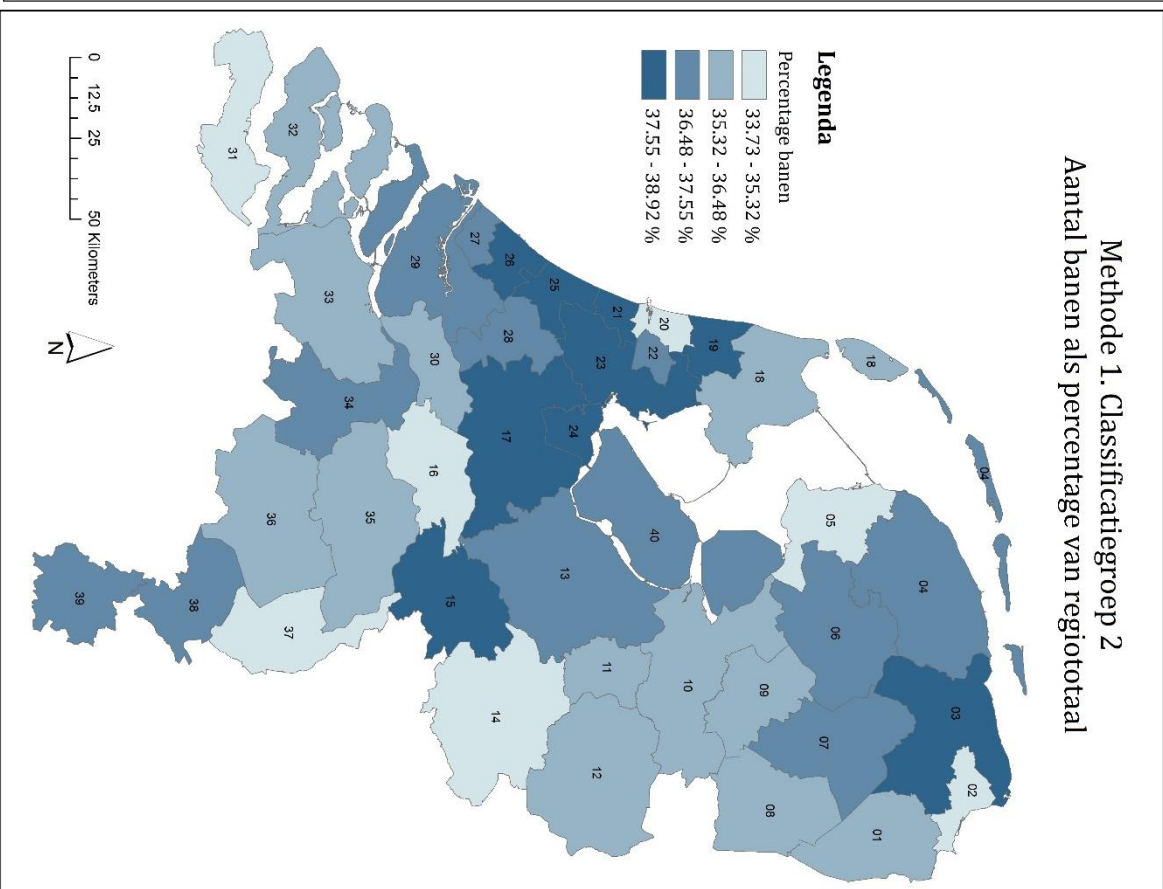
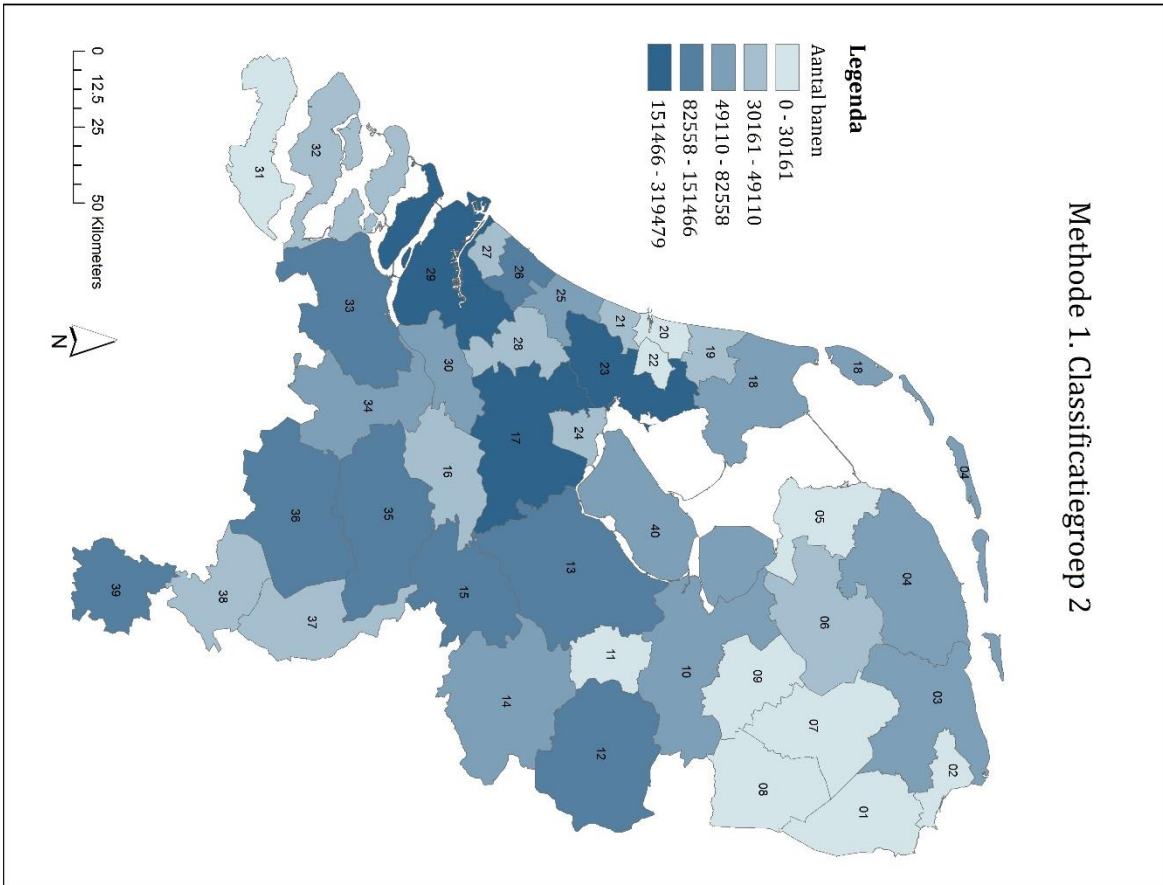
Regio	1	Regio	2	Regio	3
Agglomeratie 's-Gravenhage	8,5 %	Het Gooi en Vechtstreek	38,9 %	Agglomeratie 's-Gravenhage	18,7 %
Utrecht	7,8 %	Utrecht	38,8 %	Utrecht	17,0 %
Groot-Amsterdam	7,5 %	Agglomeratie Haarlem	38,6 %	Groot-Amsterdam	16,9 %
Het Gooi en Vechtstreek	7,5 %	Agglomeratie 's-Gravenhage	38,4 %	Overig Groningen	16,4 %
Overig Groningen	7,4 %	Alkmaar en omgeving	38,2 %	Agglomeratie Haarlem	16,3 %
Agglomeratie Haarlem	7,3 %	Groot-Amsterdam	38,1 %	Arnhem/Nijmegen	16,2 %
Arnhem/Nijmegen	7,2 %	Agglomeratie Leiden en Bollenstreek	38,0 %	Zaanstreek	16,1 %
Agglomeratie Leiden en Bollenstreek	7,2 %	Arnhem/Nijmegen	37,9 %	Zuidoost-Noord-Brabant	16,1 %
Alkmaar en omgeving	6,8 %	Overig Groningen	37,8 %	Alkmaar en omgeving	16,0 %
Zuidoost-Noord-Brabant	6,8 %	Zuid-Limburg	37,6 %	Groot-Rijnmond	16,0 %
Flevoland	6,8 %	Noord-Friesland	37,5 %	Veluwe	15,9 %
Noord-Drenthe	6,7 %	Midden-Limburg	37,4 %	Midden-Limburg	15,9 %
Veluwe	6,7 %	Flevoland	37,3 %	Zuid-Limburg	15,9 %
Groot-Rijnmond	6,7 %	Veluwe	37,2 %	Noord-Friesland	15,8 %
Zuid-Limburg	6,7 %	Midden-Noord-Brabant	37,2 %	Noord-Drenthe	15,7 %
Zaanstreek	6,5 %	Noord-Drenthe	37,1 %	Kop van Noord-Holland	15,7 %
Zuidwest-Overijssel	6,4 %	Delft en Westland	37,0 %	Het Gooi en Vechtstreek	15,7 %
Delft en Westland	6,4 %	Oost-Zuid-Holland	37,0 %	Agglomeratie Leiden en Bollenstreek	15,7 %
Noord-Friesland	6,3 %	Groot-Rijnmond	37,0 %	Noordoost-Noord-Brabant	15,6 %
Oost-Zuid-Holland	6,3 %	Zaanstreek	36,8 %	Flevoland	15,6 %
West-Noord-Brabant	6,1 %	Zuidoost-Friesland	36,6 %	Noord-Overijssel	15,5 %
Noordoost-Noord-Brabant	6,1 %	Zuidoost-Noord-Brabant	36,5 %	Zuidoost-Zuid-Holland	15,5 %
Delfzijl en omgeving	6,0 %	Twente	36,4 %	Delfzijl en omgeving	15,4 %
Zuidwest-Drenthe	6,0 %	Noordoost-Noord-Brabant	36,2 %	Zuidwest-Drenthe	15,4 %
Noord-Overijssel	6,0 %	Zuidwest-Overijssel	36,1 %	Zuidwest-Overijssel	15,4 %
Kop van Noord-Holland	6,0 %	Noord-Overijssel	36,0 %	Delft en Westland	15,4 %
Twente	5,9 %	Zuidwest-Drenthe	35,9 %	West-Noord-Brabant	15,4 %
Zuidoost-Zuid-Holland	5,9 %	West-Noord-Brabant	35,8 %	Oost-Zuid-Holland	15,3 %
Overig Zeeland	5,9 %	Oost-Groningen	35,6 %	Zuidwest-Gelderland	15,2 %
Midden-Noord-Brabant	5,9 %	Zuidoost-Drenthe	35,6 %	IJmond	15,2 %
Noord-Limburg	5,9 %	Kop van Noord-Holland	35,6 %	Twente	15,1 %
Zuidoost-Friesland	5,8 %	Overig Zeeland	35,6 %	Overig Zeeland	15,1 %
Zuidwest-Gelderland	5,8 %	Zuidoost-Zuid-Holland	35,4 %	Midden-Noord-Brabant	15,0 %
Oost-Groningen	5,7 %	Achterhoek	35,3 %	Oost-Groningen	14,9 %
IJmond	5,7 %	IJmond	35,3 %	Zuidoost-Drenthe	14,9 %
Zuidoost-Drenthe	5,6 %	Zuidwest-Friesland	35,2 %	Zuidwest-Friesland	14,7 %
Zuidwest-Friesland	5,5 %	Delfzijl en omgeving	35,0 %	Zuidoost-Friesland	14,7 %
Achterhoek	5,5 %	Zeeuwsch-Vlaanderen	34,7 %	Achterhoek	14,5 %
Zeeuwsch-Vlaanderen	5,4 %	Zuidwest-Gelderland	34,5 %	Zeeuwsch-Vlaanderen	14,5 %
Midden-Limburg	0,5 %	Noord-Limburg	33,7 %	Noord-Limburg	14,5 %

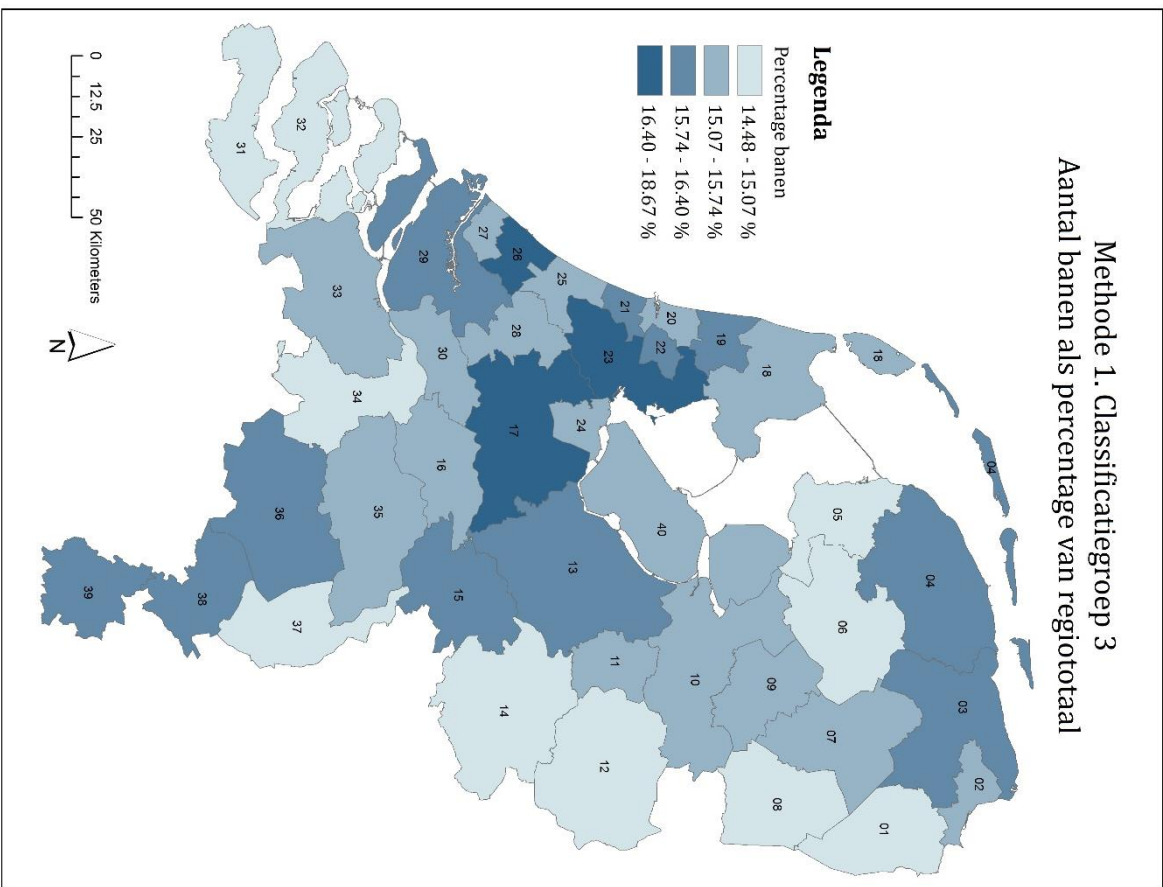
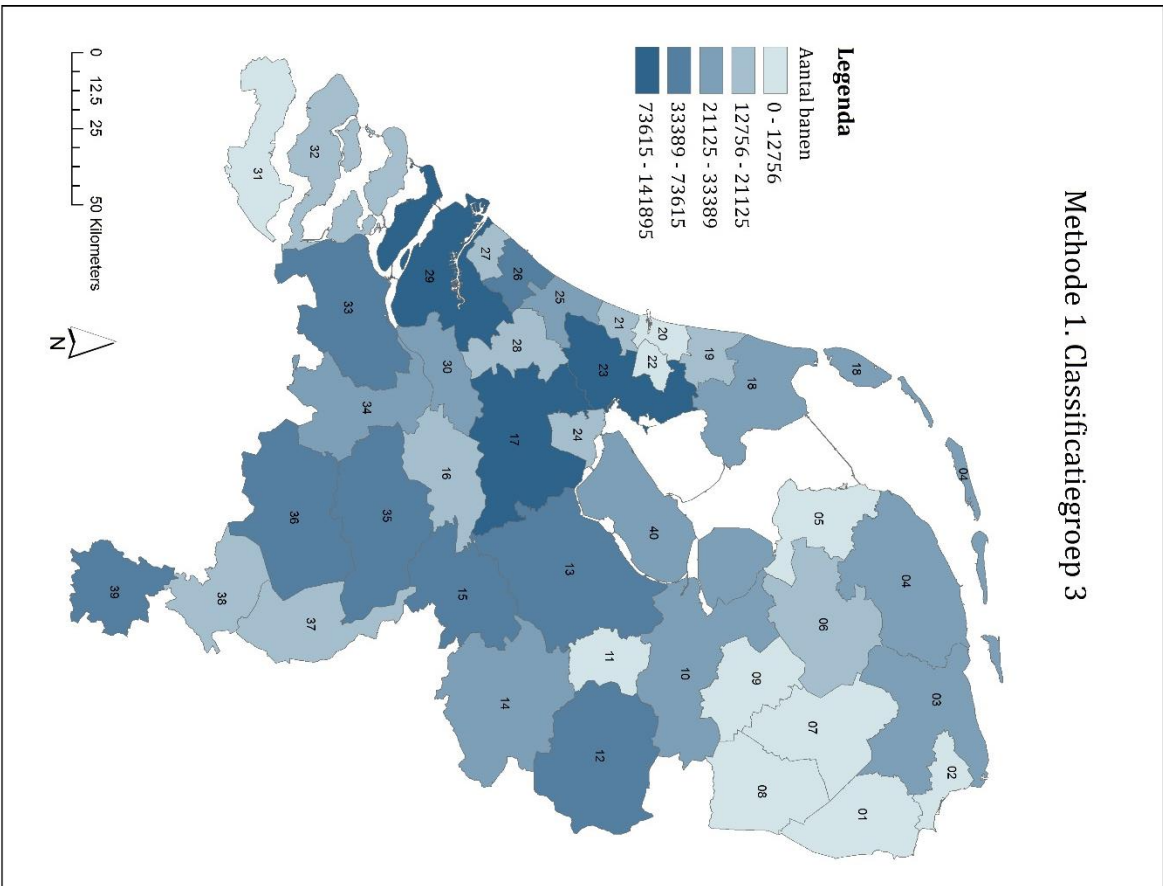
Regio	4	Regio	5	Regio	3+4
Zuidwest-Gelderland	23,6 %	Midden-Limburg	22,8 %	Midden-Limburg	39,3 %
Noord-Limburg	23,6 %	Achterhoek	22,6 %	Zuidwest-Gelderland	38,8 %
Midden-Limburg	23,4 %	Zuidwest-Friesland	22,3 %	Groot-Amsterdam	38,6 %
Zeeuwsch-Vlaanderen	23,2 %	Noord-Limburg	22,3 %	Groot-Rijnmond	38,3 %
IJmond	22,9 %	Zuidoost-Drenthe	22,2 %	IJmond	38,1 %
Zuidoost-Zuid-Holland	22,6 %	Zeeuwsch-Vlaanderen	22,2 %	Noord-Limburg	38,1 %
West-Noord-Brabant	22,6 %	Oost-Groningen	21,9 %	Zaanstreek	38,0 %
Delfzijl en omgeving	22,5 %	Overig Zeeland	21,8 %	Zuidoost-Zuid-Holland	38,0 %
Groot-Rijnmond	22,3 %	Zuidoost-Friesland	21,4 %	West-Noord-Brabant	38,0 %
Midden-Noord-Brabant	22,3 %	Zuidwest-Drenthe	21,4 %	Delfzijl en omgeving	37,9 %
Zuidwest-Friesland	22,2 %	Kop van Noord-Holland	21,4 %	Zeeuwsch-Vlaanderen	37,7 %
Achterhoek	22,1 %	Zuidwest-Overijssel	21,2 %	Agglomeratie 's-Gravenhage	37,5 %
Zaanstreek	22,0 %	Delfzijl en omgeving	21,1 %	Midden-Noord-Brabant	37,3 %
Oost-Groningen	21,9 %	Delft en Westland	21,1 %	Noordoost-Noord-Brabant	37,3 %
Zuidoost-Drenthe	21,7 %	Twente	21,0 %	Noord-Overijssel	37,2 %
Noord-Overijssel	21,7 %	IJmond	21,0 %	Zuidoost-Noord-Brabant	37,2 %
Twente	21,7 %	Zuidwest-Gelderland	20,9 %	Zuidwest-Friesland	37,0 %
Groot-Amsterdam	21,7 %	Noord-Overijssel	20,8 %	Kop van Noord-Holland	37,0 %
Noordoost-Noord-Brabant	21,7 %	Zuidoost-Zuid-Holland	20,7 %	Oost-Zuid-Holland	36,9 %
Oost-Zuid-Holland	21,6 %	Noord-Drenthe	20,5 %	Oost-Groningen	36,8 %
Overig Zeeland	21,6 %	Noordoost-Noord-Brabant	20,4 %	Zuid-Limburg	36,8 %
Zuidoost-Friesland	21,5 %	West-Noord-Brabant	20,0 %	Zuidwest-Drenthe	36,7 %
Zuidwest-Drenthe	21,3 %	Noord-Friesland	19,9 %	Twente	36,7 %
Kop van Noord-Holland	21,3 %	Oost-Zuid-Holland	19,9 %	Overig Zeeland	36,7 %
Zuidoost-Noord-Brabant	21,1 %	Midden-Noord-Brabant	19,6 %	Flevoland	36,7 %
Flevoland	21,1 %	Veluwe	19,5 %	Zuidoost-Drenthe	36,6 %
Zuidwest-Overijssel	20,9 %	Zuidoost-Noord-Brabant	19,5 %	Veluwe	36,6 %
Zuid-Limburg	20,9 %	Agglomeratie Leiden en Bollenstreek	19,4 %	Achterhoek	36,6 %
Veluwe	20,7 %	Flevoland	19,2 %	Noord-Friesland	36,4 %
Noord-Friesland	20,5 %	Overig Groningen	18,9 %	Zuidwest-Overijssel	36,3 %
Alkmaar en omgeving	20,2 %	Zuid-Limburg	18,9 %	Arnhem/Nijmegen	36,3 %
Het Gooi en Vechtstreek	20,1 %	Alkmaar en omgeving	18,8 %	Utrecht	36,3 %
Delft en Westland	20,1 %	Zaanstreek	18,7 %	Zuidoost-Friesland	36,2 %
Noord-Drenthe	20,0 %	Arnhem/Nijmegen	18,6 %	Alkmaar en omgeving	36,2 %
Arnhem/Nijmegen	20,0 %	Groot-Rijnmond	18,0 %	Agglomeratie Haarlem	36,2 %
Agglomeratie Haarlem	20,0 %	Agglomeratie Haarlem	17,8 %	Overig Groningen	35,9 %
Agglomeratie Leiden en Bollenstreek	19,7 %	Het Gooi en Vechtstreek	17,8 %	Het Gooi en Vechtstreek	35,8 %
Overig Groningen	19,5 %	Utrecht	17,1 %	Noord-Drenthe	35,7 %
Utrecht	19,3 %	Groot-Amsterdam	15,9 %	Delft en Westland	35,5 %
Agglomeratie 's-Gravenhage	18,8 %	Agglomeratie 's-Gravenhage	15,6 %	Agglomeratie Leiden en Bollenstreek	35,4 %

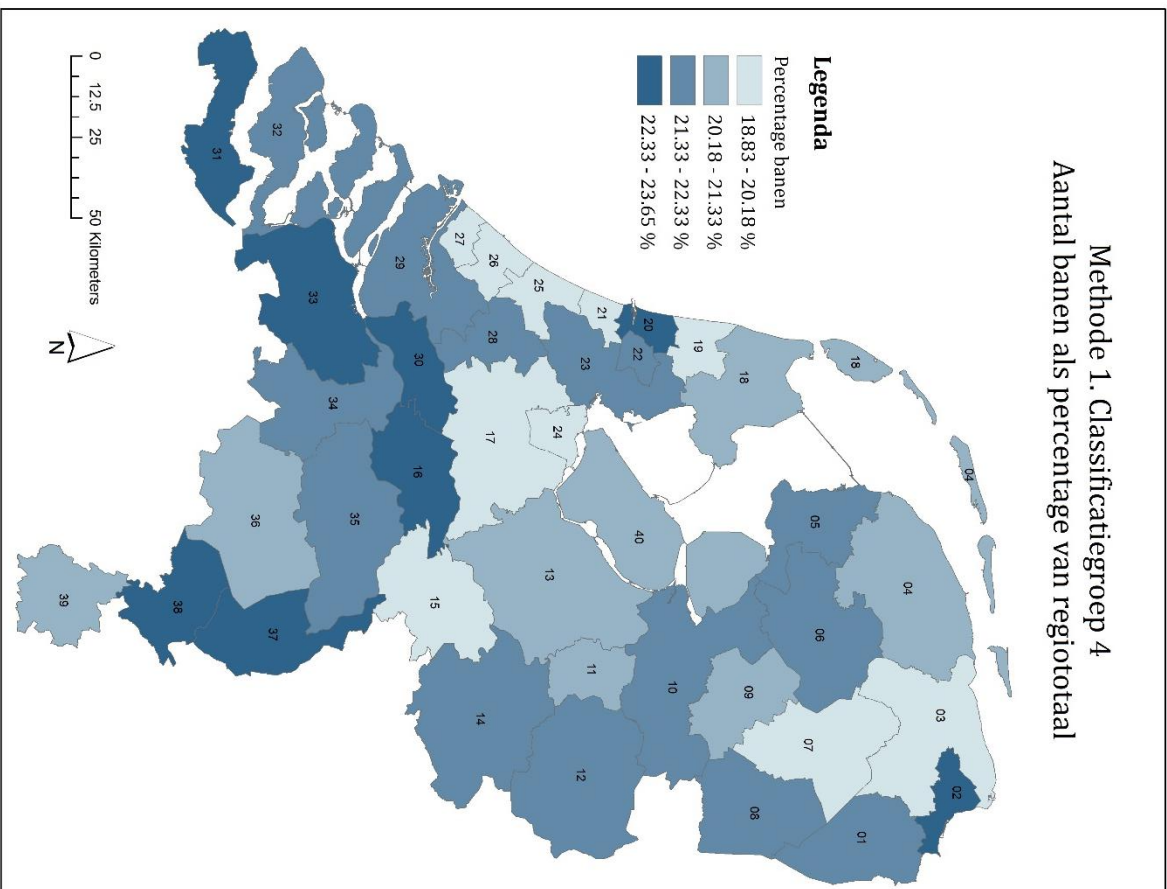
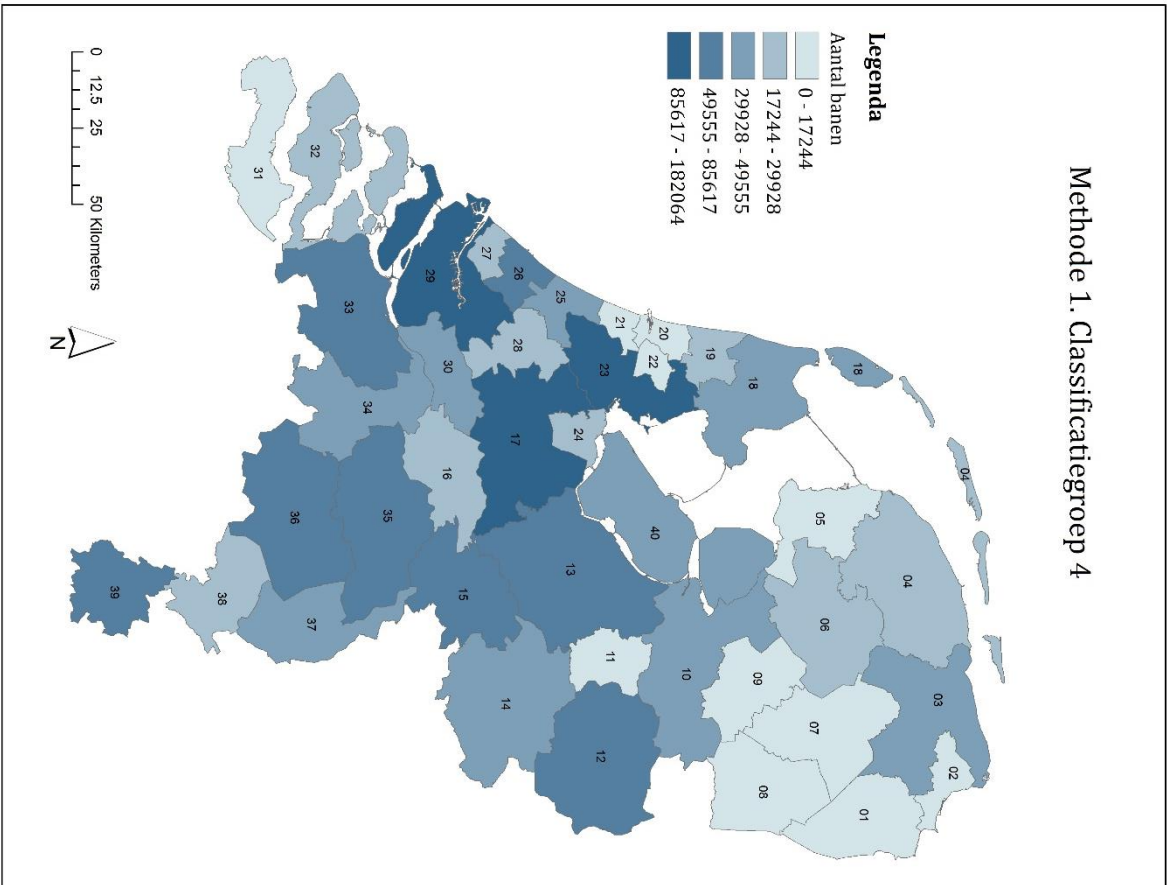
**Bijlage 10 Methode 1 - overige kaarten per classificatiegroep**

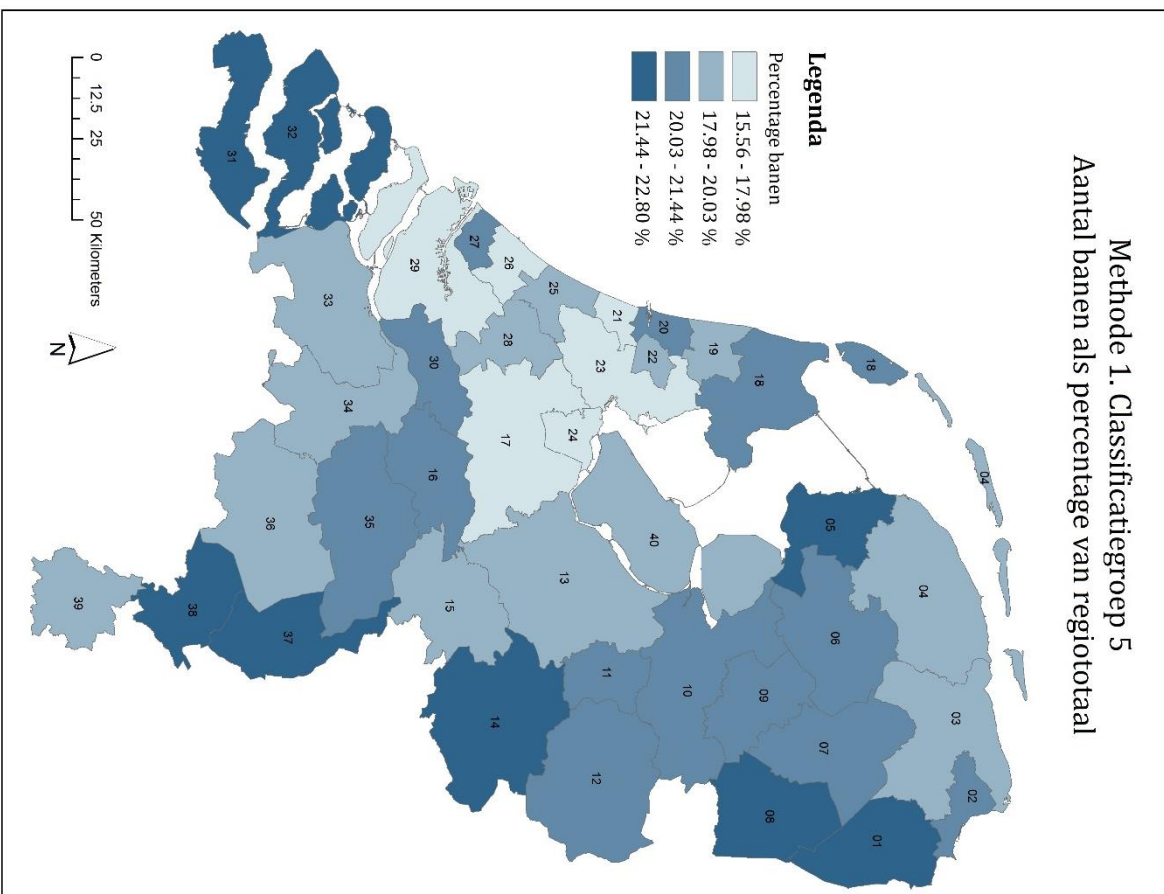
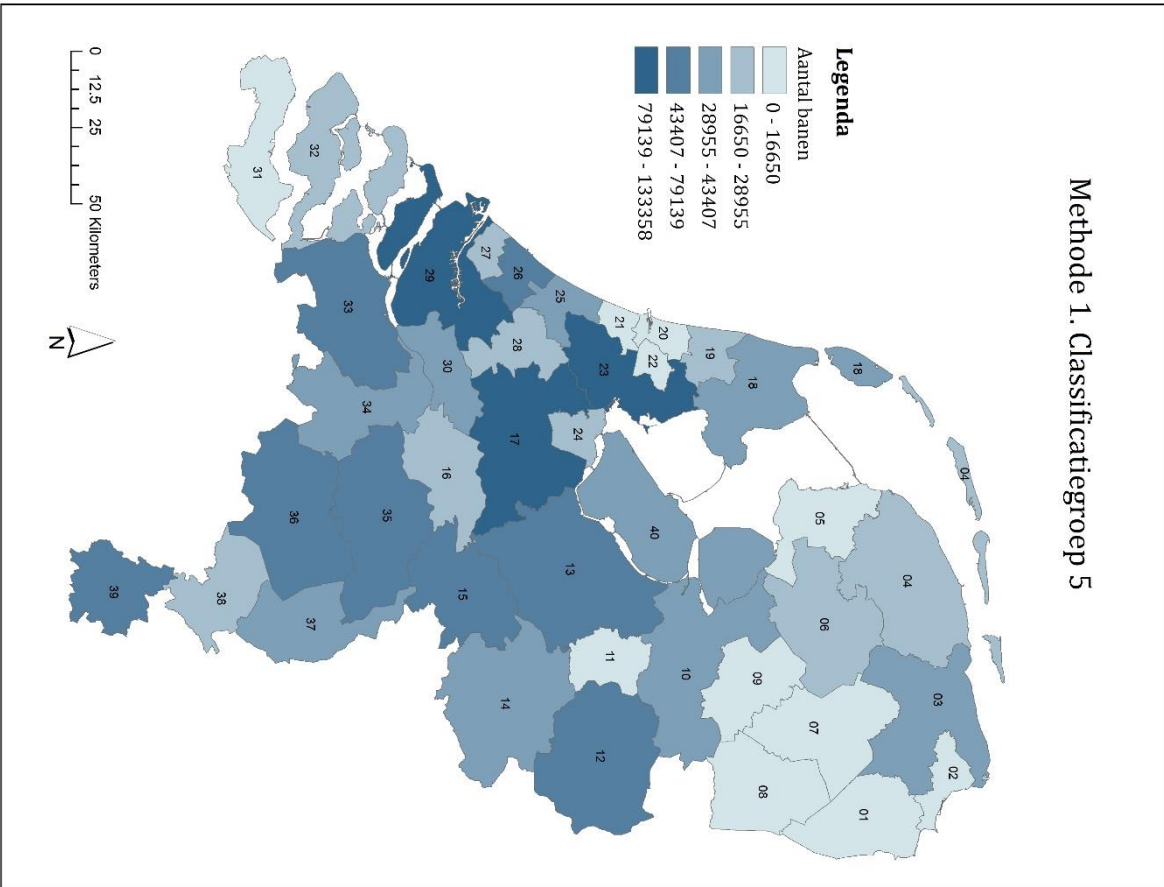
In absolute baanaantallen en in percentages van het regiototaal.













**Bijlage 11 Methode 2 – Automatiseerbaarheidsindex per sector**

<b>Sector</b>	<b>Index</b>
Telecommunicatie	0,9600
Verhuur van en handel in onroerend goed	0,8850
Vervaardiging van metalen in primaire vormen en producten van metaal (geen machines en apparaten)	0,8704
Vervaardiging van producten van rubber en kunststof en overige niet-metaalhoudende minerale producten	0,8675
Vervaardiging van chemische producten	0,8300
Vervaardiging van voedingsmiddelen, dranken en tabaksproducten	0,8283
Vervaardiging van elektrische apparatuur	0,8133
Vervaardiging van textiel, kleding, leer, lederwaren en schoenen	0,7996
Primaire houtbewerking, vervaardiging van papier en drukkerijen	0,7972
Verhuur van roerende goederen en overige zakelijke dienstverlening	0,7691
Productie en distributie van en handel in elektriciteit, aardgas, stoom en gekoelde lucht	0,7530
Winning en distributie van water; afval en afvalwaterbeheer en sanering	0,7475
Financiële instellingen	0,7352
Onderwijs	0,7320
Logies, maaltijd- en drankverstrekking	0,7304
Vervaardiging van meubels, overige goederen en reparatie en installatie van machines en apparaten	0,7169
Vervoer en opslag	0,7133
Bouwnijverheid	0,7007
Groot- en detailhandel; reparatie van auto's	0,6399
Vervaardiging van overige machines en apparaten	0,6073
Winning van delfstoffen	0,6072
Vervaardiging van auto's, aanhangwagens en opleggers en overige transportmiddelen	0,6021
Landbouw, bosbouw en visserij	0,5208
Huishoudens als werkgever, niet gedifferentieerde productie van goederen en diensten door huishoudens voor eigen gebruik	0,4950
Overige dienstverlening	0,4861
Vervaardiging van computers en van elektronische en optische apparatuur	0,4083
Uitgeverijen; Productie, distributie van films en televisieprogramma's; Verzorgen en uitzenden van radio- en televisieprogramma's	0,4024
Reclame en marktonderzoek; Industrieel ontwerp en vormgeving; Veterinaire dienstverlening	0,3956
Openbaar bestuur, overheidsdiensten en verplichte sociale verzekeringen	0,3867
Cultuur, sport en recreatie	0,3839
Rechtskundige dienstverlening; Holdings; Architecten	0,3542
Speur- en ontwikkelingswerk	0,3171
Dienstverlenende activiteiten op het gebied van informatietechnologie en informatie	0,2839
Gezondheidszorg	0,2194
Verpleging, verzorging en begeleiding; Maatschappelijke dienstverlening	0,1488
Extraterritoriale organisaties en lichamen	0,0000
Vervaardiging van farmaceutische grondstoffen en producten	0,0000
Vervaardiging van cokesovenproducten en aardolieverwerking	0,0000

**Bijlage 12 Methode 2 - aantal automatiseerbare banen per sector**

Deze tabel geeft het aantal automatiseerbare banen weer per sector, zoals berekend met de indexen behorend bij elke sector. De uitkomsten staan op volgorde van groot naar klein van het aantal automatiseerbare banen.

Sector	Index	Totaal banen	Automatiseerbare banen
Groot- en detailhandel; reparatie van auto's	0,6399	35600	22780
Onderwijs	0,732	16476	12060
Bouwnijverheid	0,7007	13188	9229
Vervoer en opslag	0,7133	11031	7868
Verhuur van roerende goederen en overige zakelijke dienstverlening	0,7691	9381	7215
Logies, maaltijd- en drankverstrekking	0,7304	9744	7117
Openbaar bestuur, overheidsdiensten en verplichte sociale verzekeringen	0,3867	15386	5950
Financiële instellingen	0,7352	6737	4953
Gezondheidszorg	0,2194	18263	4007
Rechtskundige dienstverlening; Holdings; Architecten	0,3542	10474	3710
Verpleging, verzorging en begeleiding; Maatschappelijke dienstverlening	0,1488	23430	3486
Vervaardiging van voedingsmiddelen, dranken en tabaksproducten	0,8283	4159	3445
Vervaardiging van meubels, overige goederen en reparatie en installatie van machines en apparaten	0,7169	4495	3222
Vervaardiging van metalen in primaire vormen en producten van metaal (geen machines en apparaten)	0,8704	3398	2958
Landbouw, bosbouw en visserij	0,5208	5661	2948
Overige dienstverlening	0,4861	4752	2310
Cultuur, sport en recreatie	0,3839	4659	1789
Primaire houtbewerking, vervaardiging van papier en drukkerijen	0,7972	2098	1673
Verhuur en handel in onroerend goed	0,885	1878	1662
Vervaardiging van producten van rubber en kunststof en overige niet-metaalhoudende minerale producten	0,8675	1653	1434
Reclame en marktonderzoek; Industrieel ontwerp en vormgeving; Veterinaire dienstverlening	0,3956	3541	1401
Dienstverlenende activiteiten op het gebied van informatietechnologie en informatie	0,2839	4798	1362
Vervaardiging van chemische producten	0,83	1594	1323
Vervaardiging van overige machines en apparaten	0,6073	2104	1278
Telecommunicatie	0,96	1171	1124
Uitgeverijen; Productie, distributie van films, radio- en televisieprogramma's	0,4024	2248	905
Winning en distributie van water; afval en afvalwaterbeheer en sanering	0,7475	981	733
Productie en distributie en handel in elektriciteit, aardgas, stoom en gekoelde lucht	0,753	939	706
Vervaardiging van auto's, aanhangwagens en opleggers en overige transportmiddelen	0,6021	1063	640

Vervaardiging van textiel, kleding, leer, lederwaren en schoenen	0,7996	504	401
Vervaardiging van computers en van elektronische en optische apparatuur	0,4083	972	397
Vervaardiging van elektrische apparatuur	0,8133	488	397
Speur- en ontwikkelingswerk	0,3171	697	221
Winning van delfstoffen	0,6072	226	137
Huishoudens als werkgever, niet gedifferentieerde productie van goederen en diensten door huishoudens voor eigen gebruik	0,495	265	131
Vervaardiging van cokesovenproduct en aardolieverwerking	0	271	0
Vervaardiging van farmaceutische grondstoffen en producten	0	499	0
Extraterritoriale organisaties en lichamen	0	25	0
Totaal	-	224849	120972

**Bijlage 13 Methode 2 - aantal automatiseerbare banen per regio**

Onderstaande tabel geeft per COROP regio het aantal automatiseerbare banen weer in absolute aantallen en in percentage van het totaal aantal banen in de regio. De lijst staat op volgorde van de grootte in het verlies in aantal absolute banen.

Regio	Automatiseerbaar	Totaal	%	Regio	Automatiseerbaar	Totaal	%
Groot-Amsterdam	461066	839554	54,9%	Noord-Friesland	81376	145647	55,9%
Utrecht	361844	684757	52,8%	Overig Zeeland	70512	127052	55,5%
Groot-Rijnmond	337380	607875	55,5%	Delft en Westland	64173	115809	55,4%
Zuidoost-Noord-Brabant	226800	405635	55,9%	Oost-Zuid-Holland	64033	116710	54,9%
Agglomeratie 's-Gravenhage	199576	394353	50,6%	Zuidwest-Gelderland	63938	110595	57,8%
Arnhem/Nijmegen	184989	353065	52,4%	Midden-Limburg	62474	111719	55,9%
Veluwe	183774	340945	53,9%	Alkmaar en omgeving	56503	103843	54,4%
Noordoost-Noord-Brabant	177306	317996	55,8%	Het Gooi en Vechtstreek	54816	107479	51,0%
West-Noord-Brabant	175860	312107	56,3%	Zuidoost Friesland	52963	95181	55,6%
Twente	166064	293406	56,6%	IJmond	44966	75270	59,7%
Zuid-Limburg	155404	281125	55,3%	Agglomeratie Haarlem	43975	86433	50,9%
Midden-Noord-Brabant	126648	221955	57,1%	Noord-Drenthe	41385	81203	51,0%
Overig Groningen	107951	203485	53,1%	Zuidoost-Drenthe	41294	73378	56,3%
Noord-Overijssel	103595	183391	56,5%	Zaanstreek	40049	68970	58,1%
Achterhoek	103419	185353	55,8%	Zuidwest-Overijssel	37818	70506	53,6%
Zuidoost-Zuid-Holland	97598	173904	56,1%	Zuidwest-Drenthe	35235	65370	53,9%
Flevoland	96581	177581	54,4%	Oost-Groningen	30824	55896	55,1%
Kop van Noord-Holland	88731	159672	55,6%	Zeeuwsch-Vlaanderen	28476	49143	57,9%
Agglomeratie Leiden en Bollenstreek	83501	162460	51,4%	Zuidwest-Friesland	26733	47005	56,9%
Noord-Limburg	82387	144784	56,9%	Delfzijl en omgeving	11255	19546	57,6%

**Bijlage 14 Methode 2 - percentage automatiseerbare banen per regio**

Kolom twee en zes geven het aantal automatiseerbare banen aan per regio. De kolommen drie en zeven geven het totaal aantal banen in de regio weer. De gegevens in deze tabel zijn op volgorde gezet van hoogste naar laagste percentage automatiseerbare banen per COROP, te zien in de vierde en achtste kolommen.

Regio	Automatiseerbaar	Totaal	%	Regio	Automatiseerbaar	Totaal	%
IJmond	44966	75270	59,7%	Groot-Rijnmond	337380	607875	55,5%
Zaanstreek	40049	68970	58,1%	Overig Zeeland	70512	127052	55,5%
Zeeuwsch-Vlaanderen	28476	49143	57,9%	Delft en Westland	64173	115809	55,4%
Zuidwest-Gelderland	63938	110595	57,8%	Zuid-Limburg	155404	281125	55,3%
Delfzijl en omgeving	11255	19546	57,6%	Oost-Groningen	30824	55896	55,1%
Midden-Noord-Brabant	126648	221955	57,1%	Groot-Amsterdam	461066	839554	54,9%
Noord-Limburg	82387	144784	56,9%	Oost-Zuid-Holland	64033	116710	54,9%
Zuidwest-Friesland	26733	47005	56,9%	Alkmaar en omgeving	56503	103843	54,4%
Twente	166064	293406	56,6%	Flevoland	96581	177581	54,4%
Noord-Overijssel	103595	183391	56,5%	Veluwe	183774	340945	53,9%
West-Noord-Brabant	175860	312107	56,3%	Zuidwest-Drenthe	35235	65370	53,9%
Zuidoost-Drenthe	41294	73378	56,3%	Zuidwest-Overijssel	37818	70506	53,6%
Zuidoost-Zuid-Holland	97598	173904	56,1%	Overig Groningen	107951	203485	53,0%
Midden-Limburg	62474	111719	55,9%	Utrecht	361844	684757	52,8%
Zuidoost-Noord-Brabant	226800	405635	55,9%	Arnhem/Nijmegen	184989	353065	52,4%
Noord-Friesland	81376	145647	55,9%	Agglomeratie Leiden en Bollenstreek	83501	162460	51,4%
Achterhoek	103419	185353	55,8%	Het Gooi en Vechtstreek	54816	107479	51,0%
Noordoost-Noord-Brabant	177306	317996	55,8%	Noord-Drenthe	41385	81203	51,0%
Zuidoost-Friesland	52963	95181	55,6%	Agglomeratie Haarlem	43975	86433	50,9%
Kop van Noord-Holland	88731	159672	55,6%	Agglomeratie 's-Gravenhage	199576	394353	50,6%