

ERASMUS UNISVERSITEIT ROTTERDAM  
Erasmus School of Economics  
Bachelorscriptie Economie en Bedrijfseconomie

# Het Weer Effect: Een Analyse op de Nederlandse Aandelenmarkt

Naam Student: Bart Visser  
Studentnummer: 484222  
Begeleider: Omar Commandeur  
Tweede beoordelaar:  
Datum definitieve versie: 03-07-2020

*Het geschrevene in deze scriptie is de opvatting van de auteur en niet noodzakelijk die van de begeleider, tweede beoordelaar, Erasmus School of Economics of Erasmus Universiteit Rotterdam.*

## **Abstract**

Deze studie onderzoekt de invloed van het weer op de aandelenrendementen van de Nederlandse aandelenmarkt. Hiervoor is data gebruikt van de rendementen van de Nederlands beurs en die van vier weervariabelen tussen 2000 en 2019. De vier weervariabelen zijn de windsnelheid, de temperatuur, de hoeveelheid bewolking en de luchtvochtigheid en zijn afkomstig van het KNMI. Door middel van regressieanalyse is getracht het effect te vinden per variabele, en alle variabelen samen. Een significant effect is gevonden voor de windsnelheid, de temperatuur en de bewolking. Ook lijkt het effect af te nemen over tijd.

## Inhoudsopgave

|  |    |
|--|----|
| Abstract .....   | 2  |
| Inleiding .....  | 4  |
| Theoretisch kader .....  | 6  |
| Aandelenprijzen .....  | 6  |
| Humeur, gedrag en weer .....   | 7  |
| Het weer effect .....  | 8  |
| Data .....   | 11 |
| Aandelen data .....  | 11 |
| Weer data .....  | 12 |
| Methodologie .....   | 13 |
| Resultaten .....   | 17 |
| Bewolking .....  | 17 |
| Temperatuur .....  | 18 |
| Luchtvochtigheid .....   | 19 |
| Wind .....   | 19 |
| Multivariate en Pooled Regressies .....                                  | 20 |
| Verskil tussen de indices .....  | 23 |
| Verandering over tijd .....  | 23 |
| Handel strategieën .....   | 26 |
| Conclusie & Discussie .....  | 28 |
| Bibliografie .....   | 31 |
| Appendices .....   | 33 |
| Appendix A: Dickey-Fuller statistiek .....                               | 33 |
| Appendix B: Regressietabellen per weervariabele .....                    | 33 |
| Appendix C: Regressies gecontroleerd voor fixed effects en dummy's ..... | 37 |

## Inleiding

Het weer; een van de dingen die ons leven heel veel beïnvloedt. We praten er niet alleen graag over maar veel van onze beslissingen hangen zelfs af van de weersvoorspelling: Hoe we ons kleden, wat we eten, hoe we naar het werk reizen en wat we gaan doen. Allemaal keuzes die afhangen van het weer. Het is daarom aannemelijk dat naast deze materiële zaken het weer ook ons humeur beïnvloedt. Als een individu buiten natregent zal die nou eenmaal minder vrolijk zijn dan wanneer het lekker weer is en de zon schijnt. In onderzoek wordt dan ook veel bewijs gevonden voor invloed van het weer op ons humeur en keuzegedrag (Wright en Bower, 1992; Raghunathan en Pham, 1999; Cunningham, 1979; Howart en Hoffman, 1984).

In de wereld van de traditionele finance wordt er eigenlijk altijd van rationeel keuzegedrag onder investeerders uitgegaan. Zo kan volgens Fama en French alles verklaard worden door risico. Toch blijkt dit niet helemaal te kloppen. Zo zijn er in de loop der jaren verschillende zogeheten anomalieën gevonden op de aandelenmarkt, die niet consistent zijn met de aannames van Fama en French. Deze anomalieën blijken veelal door het gedrag van investeerders te komen. Oftewel investeerders zijn helemaal niet zo rationeel als er altijd wordt gedacht.

Uit onderzoek is gebleken dat het weer ook zo'n anomalie is. Onder andere de hoeveelheid bewolking is van invloed op het gedrag van investeerders op de aandelenmarkt. Zo blijkt uit een van de eerste grote studies naar de invloed van het weer op rendementen dat op bewolkte dagen de return op de New York Stock Exchange lager is dan op niet bewolkte dagen (Saunders, 1993).

Het doel van dit onderzoek is om te toetsen wat het effect is van verschillende weervariabelen op de drie Nederlandse indices: De AEX, AMX en AScX. Het effect van de wind, de bewolking, de temperatuur en de luchtvochtigheid op de rendementen wordt onderzocht. Voor alle vier de variabelen wordt een negatief effect verwacht op basis van eerdere onderzoeken (Saunders, 1993; Hirshleifer en Shumway, 2003; Yoon en Kang, 2009; Shu en Hung, 2009). Daarnaast wordt er data gebruikt van 19 jaar, hierdoor kan ook getoetst worden of het effect is veranderd over tijd. Verwacht wordt namelijk dat het effect afneemt over de tijd. Dit omdat investeerders hierop anticiperen zodra er gepubliceerd wordt over een bepaalde anomalie. Tot slot wordt er gekeken of de effecten verschillen tussen de drie indices. Dit wordt verwacht omdat er verschillende investeerders in de verschillende indices zitten en de kleinere aandelen minder liquide zijn. De invloed van het weer op de aandelenmarkt zal op verschillende aspecten onderzocht worden en de onderzoeksvraag luidt dan ook:

*Wat is de invloed van het weer op de rendementen van de Nederlandse aandelenmarkt?*

Dit onderzoek tracht bij te dragen aan de reeds bestaande literatuur om verschillende redenen. Ten eerste is er veel onderzoek gedaan naar het effect van het weer op de aandelenmarkten, maar niet voor de Nederlandse aandelenmarkt. De AEX is wel eens meegenomen in grotere studies zoals die van Hirshleifer en Shumway(2003) maar van de AMX en de AScX is geen noemenswaardig onderzoek te vinden. Daarnaast zijn veel van de grotere gedane studies al van een tijdje geleden en zal dit onderzoek zich richten op de periode 2000 tot met 2019. Het is namelijk aannemelijk dat de invloed van bepaalde effecten over tijd veranderen. Bijvoorbeeld omdat door de eerdere onderzoeken meer mensen zijn gaan anticiperen op dit effect(Marquering, Nisser en Valla, 2006). Ook technologische vooruitgang zou een rol kunnen spelen, bijvoorbeeld omdat we nu veel beter dan vroeger in staat zijn om het weer te voorspellen. Daarnaast is er ook veel onenigheid in de eerdere onderzoeken. Zo worden voor verschillende weervariabelen in verschillende landen andere uitkomsten gevonden(Saunders, 1993; Hirshleifer en Shumway, 2003; Yoon en Kang, 2009; Shu en Hung 2009). Sommige onderzoeken vinden zelfs geen enkel effect van weervariabelen(Krämer en Runde, 1997). Er is dus geen overeenstemming en daarom is Nederland ook een interessant land voor onderzoek. Tot slot heeft Nederland een gematigd zeeklimaat wat zorgt voor veel verschillend weer(Wikipedia, 2020). Er is bijna nooit voor een lange aaneengesloten periode hetzelfde soort weer. Dit zorgt ervoor dat lekker of slecht weer niet normaliseert en dat bijvoorbeeld effecten minder worden.

De opbouw van dit onderzoek is als volgt: In de volgende sectie zal eerst worden uitgelegd wat de verschillende theorieën zijn over hoe aandelen geprijsd zijn. Daarna zullen verschillende eerdere onderzoeken die het effect van weer op rendementen hebben onderzocht aangehaald worden. Vervolgens worden de keuzes achter de gebruikte data toegelicht en enkele beschrijvende statistieken gepresenteerd. Hierna wordt de methodologie toegelicht die is gebruikt om de data te toetsen. In de daaropvolgende sectie worden de resultaten gepresenteerd. Tot slot wordt er een conclusie getrokken en zullen er enkele aanmerkingen op dit onderzoek zijn als wel aanbevelingen voor vervolgonderzoek.

## Theoretisch kader

### Aandelenprijzen

Om meer te begrijpen over anomalieën is het eerst belangrijk om te begrijpen hoe aandelenprijzen tot stand komen. In 1970 beschreef Eugene Fama dit in de *Journal of Finance*. Zijn belangrijkste conclusie was dat er sprake is van een efficiënte markt; dit wil zeggen dat er alleen met geluk meer rendement dan de benchmark behaald kan worden. De Efficiënte Markt Hypothese (EMH) die hij ontwikkelde stelt dat alle informatie al in de aandelenprijs verwerkt zit en dat de toekomst niet te voorspellen valt. Hij onderscheidde drie vormen van deze markt efficiëntie: Efficiëntie in de zwakke, semi-sterke, en sterke vorm. De zwakke vorm stelt dat alle informatie uit het verleden in de prijs verwerkt is. Op basis van historische informatie kan dus geen buitengewoon rendement gehaald worden. De semisterke vorm gaat er vanuit dat informatie die nu vrijkomt, in een zeer korte tijd verwerkt wordt in de aandelenprijs. Omdat deze informatie onvoorspelbaar is valt hier niet op te anticiperen en daardoor kan hier ook geen buitengewoon rendement gehaald worden. Wel kunnen mensen met voorkennis buitengewone rendementen halen in deze vorm. De sterke vorm gaat ervan uit dat niemand, zelfs mensen met voorkennis, buitengewone rendementen kan halen. De verklaring hiervan is dat zodra iemand enige voorkennis verneemt deze persoon daar ook gelijk naar handelt waardoor de prijs hierop reageert en zo het aandeel gelijk weer juist geprijsd is. De aandelenprijzen volgen dus een random walk en zijn daarom niet te voorspellen.

Een andere belangrijke grondlegger is William Sharpe. Hij bouwde voort op het werk van Harry Markowitz en ontwikkelde het Capital Asset Pricing Model (CAPM) in 1964. Dit model probeert de relatie tussen risico en rendement te verklaren en stelt eigenlijk dat een hoger rendement hand in hand gaat met meer risico. In dit model wordt uitgegaan van twee soorten risico: Systematisch en niet-systematisch. Hij stelt dat het systematisch risico niet vermijdbaar is en dat iedereen hier mee te maken heeft. Dit wordt ook wel het marktrisico genoemd. Het niet systematische risico kan echter wel vermeden worden door diversificatie. De factoren van het niet systematische risico zijn namelijk aandeel specifiek en als er dus heel veel verschillende aandelen in een portfolio zitten kan dit dus vermeden worden. Het CAPM stelt dus dat er een positieve relatie is tussen het systematische risico en het rendement.

Zowel de EMH als het CAPM stellen dat er geen buitengewone rendementen behaald kunnen worden en dat de prijs van een aandeel bepaald wordt door het risico. Op deze theorieën is echter veel kritiek gekomen omdat hier veel verschijnselen op de aandelenmarkt niet mee verklaard kunnen worden.

De tegenhanger van deze zogeheten risk-based-view is de behavioral view. Deze theorie gaat ervan uit dat de markt niet efficiënt geprijsd is en dit verklaard kan worden omdat de mens niet rationeel is. Dit wordt onder andere beschreven door Lakonishok et al.(1994). Zij stellen dat investeerders aandelen die in het recente verleden goed hebben gepresteerd overschatten, en dat ze aandelen die in het recente verleden slecht hebben gepresteerd onderschatten. Verder zien ze dat dit niet door het risico kan worden verklaard. Jegadeesh en Titman(1993) hebben hier ook onderzoek naar gedaan en vinden dat aandelen die het goed deden in het verleden het de 3 tot 12 maanden daarna goed blijven doen. Andersom vinden ze dat aandelen die het slecht deden het slecht blijven doen. Zij stellen dat dit net als Lakonishok et al(1994) niet komt door het risico of de verlate reactie van algemene factoren die de prijs beïnvloeden maar dat dit komt door het gedrag van investeerders die recente informatie te zwaar laten wegen. In lijn met dit vinden De Bondt en Thaler(1985) dat slecht presterende aandelen van de afgelopen drie tot vijf jaar de goed presterende aandelen worden in de drie tot vijf jaar daarna en vice versa met slecht presterende aandelen over de afgelopen drie tot vijf jaar. De slecht presterende aandelen waren dus te laag geprijsd en de goed presterende aandelen te hoog. Dit kan volgens De Bondt en Thaler(1985) verklaard worden doordat investeerders te heftig hebben gereageerd op eerder vrijgekomen informatie waardoor er een over- of onder -reactie ontstaat in de prijs. Deze verklaring zou zelfs de zwakke vorm van de EMH tenietdoen. Ook hier is het gedrag van investeerders dus de belangrijkste oorzaak.

Aan de ene kant is er dus de hypothese dat de markt efficiënt is, dat alle aandelen correct geprijsd, mensen rationeel zijn en dat er alleen door meer risico te nemen een hoger rendement behaald kan worden. Aan de andere kant is er de hypothese dat het gedrag van mensen leidend is bij veel opvallende fenomenen op de aandelenmarkt en dat hiermee eventueel buitengewone rendementen behaald kunnen worden zonder significant meer risico te begaan.

In de loop van de tijd zijn er zo tal van anomalieën op de markt gevonden die vaak door het gedrag van mensen verklaard kan worden. Zo is er het *weekend-effect*, dat stelt dat het rendement van aandelen op maandagen vaker negatief dan positief is; Het *January-effect*, dat vindt dat het rendement op de aandelenmarkt in januari significant hoger is dan de rest van de maanden. Gedrag van investeerders blijkt dus wel degelijk invloed te hebben en niet alles blijkt verklaart te kunnen worden door risico.

### **Humeur, gedrag en weer**

De inefficiëntie van de markt kan zo ook worden doorgetrokken naar de invloed van iemands humeur. Immers het humeur van een individu is van invloed op iemand gedrag en specifiek op iemands keuzegedrag. Psychologen hebben hier erg veel onderzoek naar gedaan en een belangrijke uitkomst van Wright en Bower(1992) is dat iemand die vrolijk is de kans op een positieve gebeurtenis hoger

inschat dan iemand die niet vrolijk is. Raghunathan en Pham(1999) vinden dat bij gok beslissingen en bij de keuze voor een baan verdrietige individuen vaker kiezen voor de meer risicovolle optie en dat angstige individuen vaker kiezen voor de minder risicovolle optie.

Het humeur van iemand heeft dus invloed op het gedrag van iemand en het weer is een belangrijke factor die het humeur van iemand beïnvloedt. Ook hier is veel onderzoek naar gedaan. Cunningham(1979) vond onder andere dat de hoeveelheid zonneschijn een positieve relatie heeft op of iemand geïnterviewd wil worden of niet. Ook vond hij dat de hoeveelheid zonneschijn een positieve invloed heeft op de hoeveelheid fooi die iemand geeft in een restaurant. Ook Howart en Hoffman(1984) hebben hier onderzoek naar gedaan. Zij onderzochten tien variabelen die het humeur van een individu kunnen duiden en keken wat de invloed van acht weer variabelen voor invloed daarop heeft. Zij vonden onder andere dat een hoge luchtvochtigheid een negatieve invloed heeft op iemands concentratievermogen, maar een positieve invloed heeft op iemands slaap. Daarnaast werd er een negatieve relatie gevonden tussen stijgende temperaturen en iemands angstigheid en iemands scepticisme; Dus hoe hoger de temperatuur, hoe minder angstig en sceptisch iemand is.

### **Het weer effect**

Concluderend beïnvloedt het weer het humeur van een individu wat daaropvolgend het gedrag van dat individu beïnvloedt. De vraag is dan ook of dit ook terug te zien is op de aandelenmarkt. Een van de eerste grootte studies hiernaar is gedaan door Saunders(1993). Hij onderzoekt het effect van de bewolking op het rendement van de New York Stock Exchange over de periode 1927 tot met 1989. Rekening houdend met andere markt anomalieën vindt hij dat de hoeveelheid bewolking een significant effect heeft op het rendement. Dagen met meer bewolking hebben een significant lager rendement dan dagen zonder bewolking. Saunders(1993) vindt dus een significant effect voor de invloed van bewolking.

Hirshleifer en Shumway(2003) hebben het weereffect onderzocht voor 26 landen waarvan ze data beschikbaar hadden over de tijdsperiode 1982 tot 1987. Zij komen tot de conclusie dat zonneschijn een zeer significant effect heeft op aandelenrendementen. Verder vinden ze ook dat andere weer variabelen zoals regen en sneeuw geen effect hebben. Alhoewel het effect significant is concluderen ze wel dat beleggers hier niet van kunnen profiteren. Dit komt omdat om arbitrage toe te passen er vaak gehandeld moet worden en hierdoor naar alle waarschijnlijkheid de transactiekosten groter zijn dan de winsten die behaald kunnen worden. Ook concluderen zij dat het humeur van iemand van belang is op iemands gedrag en dat er daarom meer onderzoek gedaan zou moeten worden naar wat iemands humeur beïnvloedt.



Zowel Saunders(1993) als Hirshleifer en Shumway(2003) vinden een significant negatieve relatie tussen de hoeveelheid bewolking en de aandelenrendementen. Hypothese één luidt dan ook:

*H<sup>1</sup>: De hoeveelheid bewolking is negatief gecorreleerd met het rendement op de aandelenmarkt.*

Yoon en Kang(2009) onderzoeken het effect van de temperatuur bewolking en luchtvochtigheid op de aandelenrendementen in Zuid-Korea. Zij vinden dat er voor 1997 significante effecten zijn van de temperatuur, de luchtvochtigheid en de bewolking op het rendement. Waarbij ze een positief effect vinden van lage temperaturen en een negatief effect van veel bewolking en hoge luchtvochtigheid. Ze vinden dat dit effect na 1997 afneemt en verklaren dit door toegenomen markt efficiëntie. Zo werden toen de restricties op buitenlandse investeerders afgeschaft en kwam de ontwikkeling van een elektronisch handelssysteem in een stroomversnelling terecht. Aangezien zij in eerste instantie een effect vonden van temperatuur en luchtvochtigheid luiden hypothese twee en drie:

*H<sup>2</sup>: De temperatuur is negatief gecorreleerd met het rendement op de aandelenmarkt.*

*H<sup>3</sup>: De luchtvochtigheid is negatief gecorreleerd met het rendement op de aandelenmarkt.*

Shu en Hung(2009) onderzoeken verschillende weer variabelen op rendement over 18 Europese landen. Zij vinden een zeer negatief significant effect van de windsnelheid op de rendementen tussen 1994 en 2004 voor bijna alle landen. Ook is dit in lijn met Sandilands(1995) die vindt dat wind een natuurlijke stressfactor is en daaropvolgend concludeert dat meer wind dus voor meer stress zorgt. Hypothese vier luidt dan ook:

*H<sup>4</sup>: De hoeveelheid wind is negatief gecorreleerd met het rendement op de aandelenmarkt.*

In de wereld van het beleggen zijn twee soorten investeerders te onderscheiden. Enerzijds zijn er de institutionele investeerders. Dit zijn de grote beleggingsfondsen die grote hoeveelheden geld beleggen. Vaak is dit niet hun eigen geld, maar het geld van anderen. Dit zijn bijvoorbeeld pensioenfondsen en investeringsbanken. Anderzijds zijn er de individuele investeerders, dit is eigenlijk iedereen die geen institutionele investeerder is. Eigenlijk is dit dus ieder individu dat met zijn of haar eigen geld de beurs opgaat. Kort gezegd beleggen individuele investeerders hun eigen geld en beleggen institutionele beleggers iemand anders geld. Het aantal institutionele investeerders is over de jaren steeds belangrijker geworden. Zo was in 1950 van al het belegde geld 21% afkomstig van instituties. In 1990 was dit al 45%. Omdat institutionele beleggers vaak aan allerlei rendementseisen moeten voldoen leidt dit ertoe dat die vaak kiezen voor de gevestigde bedrijven met bewezen inkomsten(Lakonishok et al., 1992).

De gevestigde bedrijven zijn vaak de al grotere bedrijven en onderzoek van Gompers en Metrick(2001) bevestigd dit. Die vinden dat institutionele investeerders vaker beleggen in grote liquide bedrijven. In

Nederland zijn er drie indices gerangschikt op handelsvolume. De grootste is de AEX en hier staan de 25 meest verhandelde aandelen in. Dan is er de zogeheten midcap index; hier staan de aandelen in die niet genoeg verhandeld worden om in de AEX te staan. Deze heet de AMX. Dan is er ook nog de small cap index. Hier staan alleen maar de aandelen in van minder grote bedrijven en heet de AScX. Dus over het algemeen zitten de grote gevestigde veel verhandelde bedrijven in de AEX en dit loopt af tot de kleine minder verhandelde bedrijven in de AScX. Te verwachten valt dus dat er in de AEX relatief meer institutionele investeerders beleggen en in de AScX juist meer individuele beleggers.

Ook te verwachten valt dat de institutionele investeerders meer rekening houden met anomalieën op de aandelenmarkt omdat zij er meer tijd in steken en meer kennis hebben omdat ze logischerwijs geschoold zijn in het vakgebied waar ze werken. Logischerwijs kan er dus beredeneerd worden dat er een verschillend effect van het weer gevonden kan worden tussen enerzijds de institutionele investeerders en anderzijds de individuele investeerders. Ook zal het voor investeerders duurder zijn om de anomalie in de AScX te reduceren dan in de AEX. Dit omdat de kleinere aandelen in de AScX veel minder liquide zijn. Anomalieën zullen dus naar verwachting minder snel geëlimineerd worden in de AScX dan in de AEX. Door dit en voorgaande valt dus te verwachten dat er een verschillend effect van de genoemde weervariabelen in hypothese één tot vier gevonden wordt tussen de drie verschillende Nederlandse indices. Hypothese vijf luidt daarom:

*H<sup>5</sup>: In de AScX zal het effect van de variabelen in hypothese één tot vier genoemd groter zijn dan in de AMX en AEX.*

De eerste grootte studie naar het weer effect is die van Saunder(1993). En sindsdien zijn er steeds meer artikelen gepubliceerd over dit effect in heel veel verschillende landen. Het is aannemelijk dat als een markt anomalie wordt ontdekt en hierover een wetenschappelijk artikel wordt gepubliceerd dat dit effect dan minder wordt en tot slot verdwijnt. Immers zou er anders blijvend arbitrage toegepast kunnen worden en 'gratis' geld kunnen worden verdiend. Marquering, Nisser en Valla(2006) onderzoeken of dit ook daadwerkelijk gebeurt. Zij vinden sterk bewijs dat onder andere het weekend effect, het vakantie effect en het januari effect grotendeels verdwenen zijn nadat er over deze anomalieën gepubliceerd is. Met het weer effect kan dus hetzelfde verwacht worden. Dit leidt tot de zesde en laatste hypothese:

*H<sup>6</sup>: Het effect van de variabelen in hypothese één tot vier genoemd neemt af over de tijd.*

## Data

### Aandelen data

De benodigde data omvatten twee soorten. De marktdata, en de weerdata. De marktdata is via Datastream verkregen. De jongste index, de AScX begint op 30 juni 2000. Aangezien het handig is om voor alle drie de indices dezelfde tijdsperiode te nemen, immers kunnen er dan goed vergelijkingen gemaakt worden, is de periode 30 juni 2000 tot met 31 december 2019 gebruikt. Zo is er van alle drie de indices precies evenveel data beschikbaar. Voor de marktdata is de Total Return Index gebruikt. Dit houdt in dat ervan uit wordt gegaan dat eventuele dividenden terug geïnvesteerd worden, om zo een zo goed mogelijk verloop van de koers weer te geven. Ook is er gecorrigeerd voor niet handelsdagen zoals weekenden en feestdagen door deze uit de data te halen. De return is vervolgens berekend door middel van de volgende formule:

$$\text{Return} = \ln(\text{Koers}_t / \text{Koers}_{t-1}) \quad (1)$$

Tabel 1: Jaarlijkse en dagelijks rendement op Nederlandse staatsobligaties met een looptijd van 10 jaar

| Jaar | Jaarlijks | Dagelijks |
|------|-----------|-----------|
| 2000 | 5,40%     | 0,014%    |
| 2001 | 4,96%     | 0,013%    |
| 2002 | 4,89%     | 0,013%    |
| 2003 | 4,12%     | 0,011%    |
| 2004 | 4,10%     | 0,011%    |
| 2005 | 3,37%     | 0,009%    |
| 2006 | 3,78%     | 0,010%    |
| 2007 | 4,29%     | 0,012%    |
| 2008 | 4,23%     | 0,011%    |
| 2009 | 3,69%     | 0,010%    |
| 2010 | 2,99%     | 0,008%    |
| 2011 | 2,99%     | 0,008%    |
| 2012 | 1,93%     | 0,005%    |
| 2013 | 1,96%     | 0,005%    |
| 2014 | 1,45%     | 0,004%    |
| 2015 | 0,69%     | 0,002%    |
| 2016 | 0,29%     | 0,001%    |
| 2017 | 0,52%     | 0,001%    |
| 2018 | 0,58%     | 0,002%    |
| 2019 | -0,07%    | -0,0002%  |

Er wordt gebruik gemaakt van de natuurlijk logaritme om zo het effect van extreme waarden te reduceren. In het geval van een weekend is om geen missende observatie te krijgen de koers van vrijdag gebruikt om de return van maandag te berekenen. Om de verschillende jaren zo goed mogelijk met elkaar te kunnen vergelijken is er van de dagelijkse return de risicovrije rentevoet afgetrokken. Dit is de rente die je krijgt op een zo goed als risicovrije investering. In dit onderzoek is hiervoor de rente gebruikt die je krijgt op Nederlandse staatsobligaties met een looptijd van 10 jaar. Dat is een goede maatstaf voor de risicovrije rentevoet omdat die obligaties zo goed als risicovrij zijn.

In tabel 1 wordt deze weergegeven. Hier is te zien dat de risicovrije rentevoet sinds 2000 in een dalende trend zit en in 2019 zelfs negatief is geworden. Omdat er altijd een rendement van 0% verkregen kan worden door het geld van de bank te halen en thuis te bewaren wordt er in 2019 geen waarde van de return afgetrokken.

Om een goed overzicht van Nederland te krijgen worden de drie indices ook samen weergegeven als R\_NL. Dit is gedaan door het dagelijks puntenaantal van de AEX, AMX, en AScX op te tellen en via de eerdergenoemde formule 1 het rendement te berekenen. In tabel 2 zijn de beschrijvende statistieken van de returns van de Nederlandse indices te zien. Hier is te zien dat de belangrijkste index van Nederland, de AEX, de laagste gemiddelde return heeft, maar wel de grootste standaarddeviatie. Deze is dus het meest volatiel.

Tabel 2: Beschrijvende statistieken van de return van de AScX, AMX, AEX, en alle indices samen weergegeven als NL

|        | Observaties | Gemiddelde(jaarlijks) | Standaard<br>Deviatie(jaarlijks) | Minimum | Maximum |
|--------|-------------|-----------------------|----------------------------------|---------|---------|
| R_AScX | 4986        | 4,59%                 | 15,49%                           | -7,9%   | 7,8%    |
| R_AMX  | 4986        | 3,83%                 | 19,16%                           | -9,5%   | 8,3%    |
| R_AEX  | 4986        | 1,89%                 | 22,36%                           | -9,1%   | 11%     |
| R_NL   | 4986        | 3,32%                 | 17,57%                           | -8,8%   | 8,7%    |

## Weer data

De data van de benodigde weer variabelen worden verkregen via het Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut(KNMI). De volgende variabelen worden gebruikt: Zon, Wolk, Wind, Lucht, en Temp. Zie voor een uitgebreide definitie per variabele tabel 3. Via het KNMI zijn de data per uur verkregen en hier is gekozen om het daggemiddelde voor het tijdstip 09:00 tot 18:00. Dit omdat de Nederlandse beurs open is tussen 09:00 en 17:30 en zo data van weervariabelen 's nachts niet worden meegenomen. Het KNMI heeft meerdere weerstations in Nederland en in dit onderzoek is gekozen voor data van het hoofdstation in De Bilt. Dit omdat dit station het beste het weer weergeeft in heel Nederland.

Tabel 3: Definitie van de gebruikte weervariabelen.

| Variabele | Definitie  |
|-----------|--|
| Wolk      | Gemiddelde bewolking per dag(09:00-18:00), uitgedrukt in een schaal van 0 tot met 9 (9= bovenlucht onzichtbaar). |
| Wind      | Gemiddelde windsnelheid per dag(09:00-18:00) in m/s.   |
| Lucht     | Gemiddelde luchtvochtigheid per dag(09:00-18:00) in procenten.   |
| Temp      | Gemiddelde temperatuur per dag(09:00-18:00) in graden Celsius.   |

Tabel 4: Maandgemiddelden variabelen 30 juni 2000 tot met 31 december 2019

|       | Observaties | Gemiddelde | Standaard<br>Deviatie | Minimum | Maximum |
|-------|-------------|------------|-----------------------|---------|---------|
| Wind  | 4986        | 3,90       | 1,52                  | 0,6     | 12,8    |
| Temp  | 4986        | 12,97      | 7,11                  | -7,15   | 35,43   |
| Wolk  | 4986        | 5,67       | 2,42                  | 0       | 9       |
| Lucht | 4986        | 72,27      | 14,93                 | 22,5    | 100     |

In tabel 4 zijn de beschrijvende statistieken van de verschillende variabelen te zien. Hier is te zien dat bijvoorbeeld de gemiddelde temperatuur tussen 09:00 en 18:00 12,97 graden Celsius is en de hoogste gemiddelde temperatuur 35,43 graden Celsius is.

Aangezien het evident is dat het bijvoorbeeld in de winter kouder is, het meer waait en er gemiddeld ook meer bewolking is, zal hiervoor gecontroleerd moeten worden om zo eventuele seizoenseffecten eruit te halen. Dit wordt gedaan door het gemiddelde per variabele per maand te berekenen en deze van de observaties per dag af te trekken. Dit wordt gedaan met alle data, dus ook weekenden en vakantiedagen om zo met een zo nauwkeurig mogelijk gemiddelde te kunnen werken. In tabel 5 zijn deze gemiddelden weergegeven. Er hier is ook duidelijk te zien dat er sprake is van verschillende seizoenen. Door alleen data te gebruiken wanneer de beurs open is en te corrigeren voor seizoen effecten kan er het best getoetst worden wat de invloed is van de verschillende weervariabelen. Deze methode is ook in lijn met het onderzoek van Hirshleifer en Shumway(2003). De variabelen die berekend worden door het gemiddelde per maand er af te trekken worden respectievelijk Wind\_1 Temp\_1 Wolk\_1 Lucht\_1 en Zon\_1 genoemd.

Tabel 5: Maandgemiddelden weervariabelen berekend over 30 juni 2000 tot met 31 december 2019

|       | jan  | feb  | mrt  | apr   | mei   | jun   | jul   | aug   | sep   | okt   | nov  | dec  |
|-------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| Wind  | 4,23 | 4,27 | 4,36 | 4,16  | 4,01  | 3,77  | 3,69  | 3,52  | 3,46  | 3,75  | 3,73 | 3,95 |
| Temp  | 4,49 | 5,33 | 8,56 | 13,14 | 16,52 | 19,26 | 21,13 | 20,71 | 17,61 | 13,25 | 8,50 | 5,22 |
| Wolk  | 6,24 | 5,95 | 5,72 | 5,10  | 5,32  | 5,41  | 5,35  | 5,34  | 5,26  | 5,56  | 6,28 | 6,33 |
| Lucht | 0,84 | 0,78 | 0,70 | 0,60  | 0,61  | 0,63  | 0,64  | 0,67  | 0,71  | 0,78  | 0,85 | 0,86 |

## Methodologie

Wat het effect van de verschillende variabelen is wordt getest door middel van ordinary least squares(OLS) regressie. Te beginnen worden er univariate regressies gedaan om te toetsen welke variabele significant is en daarna kan er met multivariate regressies gekeken worden of de significante variabelen nog steeds significant zijn en of dat ze effect op elkaar hebben.

De regressie die gebruikt wordt is dus als volgt:

$$R_t = A + B * \text{Weervariabele} + E_t$$

Hierbij is  $R_t$  de return van de Index op dag  $t$ ,  $A$  de constante,  $B$  de coëfficiënt van de gebruikte weervariabele en  $E_t$  de residual error op dag  $t$ .

De verschillende regressies zien er dus als volg uit:

$$R_t = A + B * \text{Wind}_1 + E_t$$

$$R_t = A + B * \text{Lucht}_1 + E_t$$

$$R_t = A + B * \text{Temp}_1 + E_t$$

$$R_t = A + B * \text{Wolk}_1 + E_t$$

Het is aannemelijk om te verwachten dat kleine afwijkingen van het gemiddelde niet veel doen met iemands humeur. Stel dat het op een bepaalde dag normaal gemiddeld 15 graden is en vandaag is het bijvoorbeeld 13 of 17 graden; de meeste mensen zullen dit waarschijnlijk niet eens doorhebben en dit zal dan ook naar alle waarschijnlijk niet een grote verandering in hun humeur en dus gedrag teweegbrengen. Dit beargumenteert Saunders(1993) ook en hierom kijkt hij alleen naar de extremen. In dit onderzoek zal dit ook gedaan worden. Er wordt per weervariabele een dummyvariabele aangemaakt voor de 10% grootste afwijkingen van het gemiddelde van die maand, zowel positief als negatief. Een dummyvariabele is een variabele met de waarde 1 als de variabele waar is en anders 0. Dit houdt in dat als bijvoorbeeld een bepaalde dag tot de 10% dagen behoort waarop de hoeveelheid bewolking het meest afwijkt van het gemiddelde dat die dummyvariabele dus waarde 1 heeft. Zo zal bij de bewolking de 10% kleinste waarden duiden op de 10% dagen waarop de bewolking het meest negatief afwijkt van het gemiddelde, wat dus neerkomt op zonnige dagen. Immers, de bewolking wordt gemeten op een schaal van 0 tot met 9 en als het gemiddelde in een bepaalde maand bijvoorbeeld 5 is en de gemeten waarde 0(een helemaal heldere lucht), dan zal de afwijking van het gemiddelde dus -5 zijn. Bij temperatuur, luchtvochtigheid en de wind zal de laagste 100% respectievelijk betekenen dat het kouder is, minder luchtvochtig is en minder hard waait dan gemiddeld. Ook kan er op deze manier makkelijker gekeken worden of het beiden kanten op werkt. Als het harder dan gemiddeld waait ervaart een individu dat misschien negatiever, maar dat hoeft niet te betekenen dat als het minder hard waait dan gemiddeld dat diezelfde individu het positiever ervaart.

Van de vier variabelen zullen dus van de 10% laagste en de 10% hoogste waarnemingen dummyvariabelen worden opgesteld. Dit komt neer op 499(= 10% van 4986) observaties per uiterste

per variabele. Er is voor de 10% gekozen om wel duidelijk een uiterste punt te hebben van de variabele, doch voldoende datapunten over te houden om het goed te kunnen toetsen.

De regressies die gedaan zullen worden zien er als volgt uit:

$$R_t = A + B * \text{Dummy-Weervariabele} + E_t$$

Hierbij is A de constante. In dit geval is dit het gemiddelde rendement van alle datapunten. B is de coëfficiënt van de dummyvariabele. Dit zal dus het effect zijn van de 10% van de weervariabele.

De bovenstaande regressies zijn telkens per index en om nog sterker bewijs te leveren zal er over de gehele data ook een *pooled* regressie gedaan worden. Deze regressie zal één constante en één coëfficiënt per weervariabele hebben en ziet er als volgt uit:

$$R_t = A + B * \text{Weervariabele} + E_t$$

Hier zal dus de constante en de coëfficiënt per weervariabele voor de AScX, de AMX en de AEX hetzelfde zijn. Aangezien het waarschijnlijk is dat niet iedere error term  $E_t$  onafhankelijk en identiek verdeeld is zal hiervoor gecontroleerd worden door een index-specifiek *fixed effects* model te schatten. Ook zal er gecontroleerd worden voor *fixed effects* door een *pooled OLS* te draaien met dummy variabelen voor de indices.

Hypothese vijf stelt dat er een verschil zit in weer effect tussen de verschillende indices. Hiervoor worden de regressies per index gedaan zoals hierboven beschreven en vervolgens wordt er met een Wald  $\chi^2$  test getoetst of er een significant verschil zit in de Coëfficiënten. Als blijkt dat de Coëfficiënten significant verschillen tussen de verschillende indices kan er gekeken worden in welke richting dat is. De nulhypothese van Wald  $\chi^2$  toets luidt:

$$\text{Coëfficiënt variabele } x \text{ op AEX} = \text{Coëfficiënt variabele } x \text{ op AMX} = \text{Coëfficiënt variabele } x \text{ op AScX}$$

De alternatieve hypothese luidt:

$$\text{Coëfficiënt variabele } x \text{ op AEX} \neq \text{Coëfficiënt variabele } x \text{ op AMX} \neq \text{Coëfficiënt variabele } x \text{ op AScX}$$

Om dit te toetsen worden eerst de modellen apart voor iedere groep opgesteld. Hierna worden de resultaten samengevoegd in één model door middel van het *suest-command* in Stata en wordt er getoetst of de coëfficiënten significant van elkaar verschillen.

Voor het toetsen van de zesde hypothese, die stelt dat het effect veranderd over tijd, wordt ook gebruik gemaakt van de Wald  $\chi^2$  test. Hiervoor wordt de periode opgedeeld in twee sub perioden. Een van voor 2010 en een van na 2010. Er wordt gekozen voor twee sub perioden om enerzijds een aanzienlijke hoeveelheid data te behouden om goede en betrouwbare regressies te kunnen doen maar

anderzijds wel goed te kunnen vergelijken of er sprake is van een veranderend effect over de tijd. De nulhypothese luidt:

*Coëfficiënt variabele x op index x in periode 1 = Coëfficiënt variabele x op index x in periode 2*

De alternatieve hypothese luidt

*Coëfficiënt variabele x op Index x in periode 1 ≠ Coëfficiënt variabele x op index x in periode 2*

Als de hypothese verworpen wordt betekent dat dat de coëfficiënt van voor 2010 significant verschilt van de coëfficiënt van na 2010. Vervolgens kan er gekeken worden of het effect is toe of af -genomen.

Om te corrigeren voor eventuele heteroskedasticiteit in de residuen wordt er gebruikt gemaakt van White standaardfouten in de regressieanalyse. Omdat er natuurlijk sprake is van time-series data kan autocorrelatie een probleem opleveren. Maar omdat een kenmerk van rendementen van aandelen is dat hier geen sprake van is hoeft hier geen rekening mee te worden gehouden. De autocorrelatie grafieken bevestigen dit. Ook non-stationariteit zou geen probleem moeten opleveren omdat er gewerkt wordt met rendementen. De Dickey-Fuller statistiek bevestigt dit(zie Appendix A tabel 1).



## Resultaten

### Bewolking

In de algemene regressies met alle data wordt geen significant effect gevonden voor de hoeveelheid bewolking. Zie voor de resultaten appendix B tabel 10. In navolging van het onderzoek van Saunders(1993) worden deze regressies ook gedaan door middel van dummyvariabelen voor de hoogste en laagste 10% per variabele. Deze significante resultaten worden weergegeven in tabel 6. Te zien is dat hier wel een significant effect gevonden wordt voor de hoeveelheid bewolking. Zo is te zien in tabel 6 dat voor de 10% dagen waarop de bewolking het meest negatief afwijkt van het gemiddelde die maand een significant effect gevonden wordt in de AEX, AMX, ASCX en alle indices opgeteld. Dit effect is het sterkst in de AMX met een coëfficiënt van 0,00171. Dat wil zeggen dat op dagen die tot de 10% dagen behoorde waarbij de hoeveelheid bewolking het meest negatief afwijkt van het gemiddelde dat de return dan 0,171<sup>1</sup> procentpunt hoger is dan de rest van de dagen. De constante geeft namelijk aan wat het gemiddelde rendement is van alle dagen. Met R<sup>2</sup> van 0,001 en 0,002 hebben deze modellen niet een erg grote verklarende waarde maar dat is niet een gekke uitkomst. Er zijn namelijk veel factoren die het rendement beïnvloeden en het weer is daar natuurlijk maar één van.

Simpel gezegd is de return op dagen waarop er nauwelijks bewolking is dus significant hoger dan op de rest van de dagen. Dit resultaat is deels in lijn met Saunders(1993) en Hirshleifer en Shumway(2003) die vonden namelijk ook een significant effect van de hoeveelheid bewolking. Opvallend is wel dat er voor de 10% meest bewolkte dagen geen effect gevonden wordt. Hieruit kan dus geconcludeerd dat minder bewolking zorgt voor een beter humeur waardoor mensen meer gaan kopen, maar meer bewolking niet zorgt voor een negatiever humeur. In de algemene regressie wordt daarnaast dus geen effect gevonden. Dit is in lijn met de gedachte dat kleine afwijkingen niet veel invloed hebben.

Tabel 6: Effect van de dummyvariabele voor de 10% dagen dat de bewolking het meest negatief afwijkt van het maandelijks gemiddelde op de return van alle indices opgeteld, de ASCX, de AMX en de AEX. Gegeven zijn de coëfficiënt, de constante, het aantal observaties en de R<sup>2</sup>.

|                | R_NL                     | R_ASCX                   | R_AMX                   | R_AEX                   |
|----------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Wolk_1 0-10%   | 0.00150***<br>(0.000525) | 0.00137***<br>(0.000431) | 0.00137**<br>(0.000585) | 0.00171**<br>(0.000703) |
| Constante      | -0.000158<br>(0.000165)  | -0.0000745<br>(0.000146) | -0.000141<br>(0.000187) | -0.000265<br>(0.000204) |
| N              | 4986                     | 4986                     | 4986                    | 4986                    |
| R <sup>2</sup> | 0.002                    | 0.002                    | 0.001                   | 0.001                   |

White (1980) Heteroskedasticiteit consistente standaardfouten in parentheses. \*\*\*, \*\*, \* geven aan dat de coëfficiënt significant is op respectievelijk het 1, 5 en 10% niveau.

<sup>1</sup> In eerste instantie wordt er het natuurlijk logaritme gebruikt van de return om te corrigeren voor uitschieters. In de resultatensectie worden de coëfficiënten weer terug getransformeerd voor een duidelijke interpretatie.

## Temperatuur

Ook voor de temperatuur worden in de algemene regressies met alle data geen significante effecten gevonden. Deze resultaten zijn te vinden in appendix B tabel 1. Voor de 10% dagen waarop de temperatuur het meest negatief afwijkt van het maandelijks gemiddelde wordt een significant effect gevonden bij de AEX, AMX, ASCX en alle indices bij elkaar zoals te zien in tabel 7. Ook hier is het effect het sterkst op de AMX met een coëfficiënt van 0,00140. Als een dag dus tot die 10% behoorde dan had die dag een gemiddeld hoger rendement van 0,14%.

Ook hier is opvallend dat er voor de algemene regressie met alle data geen significant effect gevonden wordt en voor de uiterste observaties wel. Dit bevestigt nogmaals de gedachte dat kleine afwijkingen van het gemiddelde niet veel effect hebben. Ook wordt er alleen voor de dummyvariabele met lagere temperaturen een significante relatie gevonden. Voor hogere temperaturen is dit niet het geval (zie appendix A). Een verklaring hiervoor kan zijn is dat lagere temperaturen dan gemiddeld zorgen voor een beter humeur, maar hogere temperaturen dan gemiddeld niet per se voor een slechter humeur zorgen.

Dagen die dus een temperatuur hebben die in de 10% meest negatieve afwijkingen zit hebben dus Een positief effect op de returns. In eerste instantie is een positieve relatie tussen lagere temperaturen en aandelenrendement niet heel logisch. Immers gaan lagere temperaturen vaak gepaard met minder goed weer. Ook Howart en Hoffman(1984) vinden juist een negatieve relatie tussen verschillende gedragsvariabelen en een stijgende temperatuur. Waarom er dan nu wel een negatieve relatie gevonden wordt zou verklaard kunnen worden door hittestress. Nederlands is niet gewend aan hitte en veel ruimtes zijn ook niet goed bestand tegen warmere temperaturen dan gemiddeld. Hierdoor zou het kunnen dat mensen warmere temperaturen dan gemiddeld juist negatief ervaren.

Tabel 7: Effect van de dummyvariabele voor de 10% dagen dat de temperatuur het meest negatief afwijkt van het maandelijks gemiddelde op de return van alle indices opgeteld, de ASCX, de AMX en de AEX. Gegeven zijn de coëfficiënt, de constante, het aantal observaties(N) en de R<sup>2</sup>.

|                | R_NL                    | R_ASCX                   | R_AMX                   | R_AEX                   |
|----------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Temp_1 0-10%   | 0.00109*<br>(0.000559)  | 0.00104**<br>(0.000485)  | 0.00140**<br>(0.000628) | 0.000898<br>(0.000696)  |
| Constante      | -0.000118<br>(0.000163) | -0.0000428<br>(0.000144) | -0.000144<br>(0.000185) | -0.000185<br>(0.000204) |
| N              | 4986                    | 4986                     | 4986                    | 4986                    |
| R <sup>2</sup> | 0.001                   | 0.001                    | 0.001                   | 0.000                   |

White (1980) Heteroskedasticiteit consistente standaardfouten in parentheses. \*\*\*, \*\*, \* geven aan dat de coëfficiënt significant is op respectievelijk het 1, 5 en 10% niveau.

## Luchtvochtigheid

Voor de luchtvochtigheid wordt zowel in de algemene regressies met alle data als in de regressies met de dummyvariabelen voor de 10% meest negatieve en positieve afwijkende variabelen geen significant effect gevonden. De resultaten hiervan zijn te vinden in appendix B tabel 7 t/m 9. Dit resultaat is niet in lijn met eerder onderzoek van Yoon en Kang(2009) die hiervoor in Zuid-Korea wel een significant negatief effect vonden. De oorzaak hiervan zou kunnen zijn is dat het effect verdwenen is. Yoon en Kang(2009) deden dit onderzoek namelijk in de jaren 90.

## Wind

Voor de hoeveelheid wind wordt in tegenstelling tot de andere weervariabelen in de algemene regressies met alle data wél een significant effect gevonden. In de AScX, de AMX en alle indices opgeteld wordt een significant negatief effect gevonden zoals te zien in tabel 8. Het effect van de wind wordt het sterkst gevonden op de AMX. Die regressie heeft een significante slope coëfficiënt van  $-0,000254$ . Dit wil zeggen dat als het één m/s harder gaat waaien dan het gemiddelde die maand dat de return op die dag dan gemiddeld  $-0,000254$  ( $-0,0254$  procentpunt) omlaaggaat. In de regressies met de dummyvariabelen wordt het effect van de wind alleen gevonden voor de 10% dagen waarop de wind het meest negatief afwijkt van het gemiddelde die maand. In tabel 9 is te zien dat er voor de 10% dagen waarop de wind het meest negatief afwijkt van het gemiddelde van die maand een significant effect wordt gevonden voor de AEX, AMX, ASCX en alle indices opgeteld. Dit effect is meest significant op de AMX met een coëfficiënt van  $0,00151$ . Als een dag dus tot die 10% behoorde dan had die dag gemiddelde een hoger rendement van  $0,151\%$ .

Opvallend is dus dat in de dummy regressies minder wind dan gemiddeld zorgt voor positievere rendementen, maar dat meer wind dan gemiddeld niet zorgt voor negatievere rendementen. Het gevonden effect is in lijn met Shu en Hung(2009) en kan verklaard worden doordat wind een natuurlijk stressfactor is(Sandilands, 1995). Meer wind zorgt dus voor meer stress en het is aannemelijk dat meer stress voor negatievere rendementen zorgt

Tabel 8: Effect van de Wind op de return van alle indices opgeteld, de ASCX, de AMX en de AEX. Gegeven zijn de Coëfficiënt, de constante, het aantal observaties(N) en de R<sup>2</sup>.

|                | R_NL                      | R_ASCX                     | R_AMX                     | R_AEX                    |
|----------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Wind_1         | -0.000198*<br>(0.000105)  | -0.000206**<br>(0.0000948) | -0.000254**<br>(0.000122) | -0.000130<br>(0.000126)  |
| Constante      | -0.00000897<br>(0.000156) | 0.0000615<br>(0.000138)    | -0.00000474<br>(0.000177) | -0.0000950<br>(0.000195) |
| N              | 4986                      | 4986                       | 4986                      | 4986                     |
| R <sup>2</sup> | 0.001                     | 0.001                      | 0.001                     | 0.000                    |

White (1980) Heteroskedasticiteit consistente standaardfouten in parentheses. \*\*\*, \*\*, \* geven aan dat de coëfficiënt significant is op respectievelijk het 1, 5 en 10% niveau.

Tabel 9: Effect van de dummyvariabele voor de 10% dagen dat de wind het meest negatief afwijkt van het maandelijks gemiddelde op de return van alle indices opgeteld, de ASCX, de AMX en de AEX. Gegeven zijn de coëfficiënt, de constante, het aantal observaties(N) en de R<sup>2</sup>.

|                | R_NL                    | R_ASCX                   | R_AMX                   | R_AEX                   |
|----------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Wind_1 0-10%   | 0.00121**<br>(0.000516) | 0.000844*<br>(0.000440)  | 0.00151**<br>(0.000604) | 0.00123*<br>(0.000650)  |
| Constante      | -0.000128<br>(0.000165) | -0.0000217<br>(0.000146) | -0.000153<br>(0.000186) | -0.000216<br>(0.000206) |
| N              | 4986                    | 4986                     | 4986                    | 4986                    |
| R <sup>2</sup> | 0.001                   | 0.001                    | 0.001                   | 0.001                   |

White (1980) Heteroskedasticiteit consistente standaardfouten in parentheses. \*\*\*, \*\*, \* geven aan dat de coëfficiënt significant is op respectievelijk het 1, 5 en 10% niveau.

## Multivariate en Pooled Regressies

Aangezien er voor de dummyvariabelen Wolk 0-10%, Temp 0-10% en Wind 0-10% in de univariate regressies significante resultaten werden bevonden worden deze drie variabelen gebruikt voor een multivariate regressie. Dit om te bekijken of er dan nog steeds een significante relatie gevonden wordt en om te kijken of de verklarende waarde(R<sup>2</sup>) van de regressie hoger wordt. De resultaten hiervan zijn te zien in tabel 10.

Te zien is dat alle coëfficiënten van de dummy-variabelen in de multivariate regressie van de AMX en van alle indices nog steeds significant zijn. Voor de return van de ASCX is de coëfficiënt van de wind niet significant en voor de AEX is de coëfficiënt van de temperatuur niet significant. Ook zijn de verklarende waarden(R<sup>2</sup>) van deze regressies hoger dan bij de univariate regressies. Voor de AEX is deze 0,002 en voor de andere indices 0,003. Dit is een stuk hoger dan de 0,001 bij de univariate regressies.

Voor de AMX zijn de coëfficiënten het grootst. Als het een dag was in de onderzochte periode die tot de 10% dagen behoorde waarop de bewolking, de temperatuur en de wind het meest negatief afweek

dan was de return van de AMX gemiddeld 0,398% hoger. Voor de return van alle Nederlandse indices opgeteld is dit 0,355%.

Om de robuustheid te toetsen en meer bewijs voor de eerdere resultaten te verzamelen wordt er een *pooled OLS* gedaan met alle data. De resultaten hiervan zijn te zien in tabel 11. Te zien is dat er voor alle variabelen behalve de luchtvochtigheid een significant negatief effect gevonden wordt. Als de hoeveelheid bewolking, temperatuur en windsnelheid allemaal respectievelijk met één eenheid toenemen dan neemt de gemiddelde return over alle indices met 0,033 procentpunt af. Er is gecontroleerd voor *fixed effects*(zie appendix B) en dit maakt niet uit. Ook er is voor de *fixed effects* gecontroleerd door een *pooled ols* te draaien met een dummyvariabele voor de index en ook dit leverde geen andere resultaten op en maakt dus niet uit(zie appendix C tabel 1 en 2).

Tabel 10: Multivariate regressies van de variabelen in de eerste kolom op de return van de AEX, AMX, ASCX en alle indices opgeteld. Gegeven zijn de coëfficiënt, de constante, het aantal observaties(N) en de R<sup>2</sup>.

|                | R_NL                      | R_ASCX                   | R_AMX                     | R_AEX                     |
|----------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Wolk_1 0-10%   | 0.00143***<br>(0.000523)  | 0.00131***<br>(0.000460) | 0.00127**<br>(0.000593)   | 0.00164**<br>(0.000654)   |
| Temp_1 0-10%   | 0.00102**<br>(0.000522)   | 0.000992**<br>(0.000459) | 0.00132**<br>(0.000592)   | 0.000826<br>(0.000652)    |
| Wind_1 0-10%   | 0.00110**<br>(0.000526)   | 0.000742<br>(0.000463)   | 0.00139**<br>(0.000596)   | 0.00111*<br>(0.000657)    |
| Constante      | -0.000361**<br>(0.000179) | -0.000241<br>(0.000157)  | -0.000400**<br>(0.000203) | -0.000449**<br>(0.000223) |
| N              | 4986                      | 4986                     | 4986                      | 4986                      |
| R <sup>2</sup> | 0.003                     | 0.003                    | 0.003                     | 0.002                     |

White (1980) Heteroskedasticiteit consistente standaardfouten in parentheses. \*\*\*, \*\*, \* geven aan dat de coëfficiënt significant is op respectievelijk het 1, 5 en 10% niveau.

Tabel 11: Pooled OLS met de weervariabelen in de linke kolom en de return in de rechterkolom. Veder gegeven zijn het aantal observaties(N) en de R<sup>2</sup>.

|                | Return                      |
|----------------|-----------------------------|
| Temp_1         | -0.0000704**<br>(0.0000282) |
| Wolk_1         | -0.0000929*<br>(0.0000543)  |
| Lucht_1        | 4.57e-08<br>(0.0000114)     |
| Wind_1         | -0.000171**<br>(0.0000676)  |
| Constante      | -0.0000106<br>(0.0000992)   |
| N              | 14958                       |
| R <sup>2</sup> | 0.001                       |

White (1980) Heteroskedasticiteit consistente standaardfouten in parentheses. \*\*\*, \*\*, \* geven aan dat de coëfficiënt significant is op respectievelijk het 1, 5 en 10% niveau.

Op basis van bovenstaande resultaten kan de eerste hypothese, die stelt dat de hoeveelheid bewolking een negatief effect heeft op de rendementen niet verworpen worden. In alle indices wordt namelijk op de 10% dagen waarop de bewolking het meest negatief afwijkt van het gemiddelde die maand voor de dummyvariabele een significant positief effect gevonden. In andere woorden: op de 10% meest onbewolkte dagen is het rendement gemiddeld hoger. Ook in de multivariate en de *pooled* regressie wordt voor de hoeveelheid bewolking een significant effect gevonden. Enig effect van de hoeveelheid bewolking op de aandelenrendementen lijkt dus aannemelijk.

Hypothese twee stelt dat de temperatuur een negatief effect heeft op de rendementen. In de algemene analyse wordt hier geen bewijs voor gevonden maar voor de dummyvariabele van de 10% dagen waarop de temperatuur het meest negatief afwijkt van het gemiddelde wordt hier wel een significant positief effect gevonden voor alle indices behalve de AEX. Ook in de multivariate en *pooled* regressie wordt voor de temperatuur bijna overal een significant effect gevonden Het lijkt daarom aannemelijk om te stellen dat de temperatuur wel zeker iets van effect heeft op de rendementen. Hypothese twee kan daarom ook niet verworpen worden.

Voor de derde hypothese, die stelt dat de luchtvochtigheid negatief is gecorreleerd met het rendement, wordt geen bewijs gevonden. In geen enkele regressie is de coëfficiënt van de luchtvochtigheid significant. Een significant negatief effect wordt niet gevonden en hypothese drie kan daarmee verworpen worden.

Voor de wind wordt zowel in de algemene analyse, in de analyse met 10% meest negatief afwijkende datapunten van het gemiddelde en in de multivariate en *pooled* regressies een significant effect gevonden. De vierde hypothese die stelt dat de hoeveelheid wind een negatief effect heeft kan hiermee niet verworpen worden. Omdat voor wind ook als enige variabele in de algemene analyse een significant effect wordt gevonden lijkt wind de belangrijkste verklarende weervariabele.

### Verschil tussen de indices

Hypothese vijf kijkt naar het verschil van de variabelen tussen de AEX, AMX en de AScX. Door middel van een Wald  $\chi^2$  toets wordt gekeken of de coëfficiënten significant van elkaar verschillen. Deze statistiek is in tabel 12 met bijbehorende P-waarde te zien. Te zien is dat geen van de coëfficiënten significant van elkaar verschillen. Daarmee kan de vijfde nulhypothese die stelt dat er een significant verschil zit in de coëfficiënten verworpen worden. Er kan dus geen bewijs worden gevonden dat individuele investeerders anders omgaan met deze anomalie dan institutionele investeerders. Een verklaring kan zijn dat er toch niet zo'n groot verschil zit tussen de hoeveelheid individuele en institutionele investeerders tussen de indices.

Tabel 12:  $\chi^2$  statistiek en p waarde per getoetste variabele voor de Wald-  $\chi^2$  toets met de nulhypothese die stelt dat Coëfficiënt variabele x op AEX = Coëfficiënt variabele x op AMX = Coëfficiënt variabele x op AScX.

| Variabele       | $\chi^2$ | P    |
|-----------------|----------|------|
| Wind_1          | 2,59     | 0,27 |
| Temp_1          | 0,91     | 0,63 |
| Wolk_1          | 1,60     | 0,45 |
| Lucht_1         | 1,30     | 0,52 |
| Wind_1 0-10%    | 3,21     | 0,20 |
| Wind_1 90-100%  | 1,64     | 0,44 |
| Temp_1 0-10%    | 2,03     | 0,36 |
| Temp_1 00-100%  | 3,07     | 0,22 |
| Wolk_1 0-10%    | 0,61     | 0,74 |
| Wolk_1 90-100%  | 1,70     | 0,43 |
| Lucht_1 0-10%   | 0,91     | 0,63 |
| Lucht_1 90-100% | 1,52     | 0,47 |

\*\*\*, \*\*, \* geven aan dat de P-waarde significant is op respectievelijk het 1, 5 en 10% niveau.

### Verandering over tijd

De zesde en laatste hypothese stelt dat het effect afneemt over tijd. Hiervoor zijn voor elke variabele twee regressies opgesteld. Eén van voor 2010 en één vanaf 2010. Vervolgens zijn ook hier de coëfficiënten van twee regressies met dezelfde variabele met elkaar vergeleken door middel van een Wald  $\chi^2$  toets. De resultaten van deze statistiek en de bijbehorende P-waarde staan in tabel 13. Hier is te zien dat voor vijf variabelen een significant waarde wordt gevonden. Dit is Wind\_1 bij R\_NL R\_AMX,

R\_AScX en Temp\_1 0-10% bij R\_AMX en R\_AScX. Dat wil zeggen dat de coëfficiënten voor 2010 dus significant verschillen van de coëfficiënten na 2010.

Tabel 13:  $\chi^2$  statistiek en p waarde per getoetste variabele voor de Wald-  $\chi^2$  toets met de nulhypothese die stelt dat Coëfficiënt variabele x op index x in periode 1 = Coëfficiënt variabele x op index x in periode 2

| Index           | Variabele       | $\chi^2$ | P       |
|-----------------|-----------------|----------|---------|
| R_NL            | Wind_1          | 3,52     | 0,061*  |
|                 | Wind_1 0-10%    | 1,57     | 0,21    |
|                 | Wind_1 90-100%  | 1,52     | 0,22    |
|                 | Temp_1          | 0,09     | 0,77    |
|                 | Temp_1 0-10%    | 2,55     | 0,11    |
|                 | Temp_1 90-100%  | 0,75     | 0,39    |
|                 | Wolk_1          | 1,71     | 0,19    |
|                 | Wolk_1 0-10%    | 0,05     | 0,82    |
|                 | Wolk_1 80_100%  | 0,03     | 0,86    |
|                 | Lucht_1         | 0,05     | 0,83    |
|                 | Lucht_1 0-10%   | 0,85     | 0,36    |
|                 | Lucht_1 90-100% | 0,04     | 0,84    |
|                 | R_AEX           | Wind_1   | 1,21    |
| Wind_1 0-10%    |                 | 2,09     | 0,148   |
| Wind_1 90-100%  |                 | 0,60     | 0,44    |
| Temp_1          |                 | 0,00     | 0,96    |
| Temp_1 0-10%    |                 | 0,39     | 0,53    |
| Temp_1 90-100%  |                 | 0,95     | 0,33    |
| Wolk_1          |                 | 2,36     | 0,12    |
| Wolk_1 0-10%    |                 | 0,17     | 0,68    |
| Wolk_1 90-100%  |                 | 0,26     | 0,61    |
| Lucht_1         |                 | 0,21     | 0,64    |
| Lucht_1 0-10%   |                 | 0,58     | 0,45    |
| Lucht_1 90-100% |                 | 0,04     | 0,84    |
| R_AMX           |                 | Wind_1   | 4,36    |
|                 | Wind_1 0-10%    | 1,20     | 0,27    |
|                 | Wind_1 90-100%  | 2,54     | 0,11    |
|                 | Temp_1          | 0,01     | 0,91    |
|                 | Temp_1 0-10%    | 2,86     | 0,091*  |
|                 | Temp_1 90-100%  | 0,49     | 0,48    |
|                 | Wolk_1          | 1,19     | 0,28    |
|                 | Wolk_1 0-10%    | 0,42     | 0,52    |
|                 | Wolk_1 80_100%  | 0,37     | 0,54    |
|                 | Lucht_1         | 0,00     | 0,98    |
|                 | Lucht_1 0-10%   | 0,65     | 0,42    |
|                 | Lucht_1 90-100% | 0,21     | 0,65    |
|                 | R_AScX          | Wind_1   | 4,43    |
| Wind_1 0-10%    |                 | 0,87     | 0,35    |
| Wind_1 90-100%  |                 | 1,07     | 0,30    |
| Temp_1          |                 | 0,89     | 0,34    |
| Temp_1 0-10%    |                 | 5,64     | 0,017** |
| Temp_1 90-100%  |                 | 0,53     | 0,46    |



|                 |      |      |
|-----------------|------|------|
| Wolk_1          | 0,87 | 0,35 |
| Wolk_1 0-10%    | 0,20 | 0,66 |
| Wolk_1 90-100%  | 1,24 | 0,63 |
| Lucht_1         | 0,00 | 0,99 |
| Lucht_1 0-10%   | 1,09 | 0,30 |
| Lucht_1 90-100% | 0,09 | 0,76 |

\*\*\*, \*\*, \* geven aan dat P-waarde significant is op respectievelijk het 1, 5 en 10% niveau

Voor veel variabelen kan geen significant verschil gevonden worden maar dit kan verklaard worden doordat die in eerste instantie al geen significant effect had op de aandelenrendementen. En als bepaalde variabelen geen effect hebben op de rendementen dan is het ook niet gek dat de coëfficiënt voor 2010 niet significant verschil van de coëfficiënt na 2010. Immers verschillen beiden niet significant van nul.

Om te kijken in welke richting (positief of negatief) de coëfficiënten zijn veranderd worden van de significante variabelen uit tabel 13 de coëfficiënten van voor 2010 en vanaf 2010 weergegeven in tabel 14. Te zien is dat van de vijf coëfficiënten er vijf significant zijn voor 2010. Geen van deze vijf is meer significant na 2010. Opvallend is dat voor de variabele Wind\_1, waarvoor in het geheel een significant effect gevonden werd, het significante effect na 2010 verdwijnt.

De zesde nulhypothese, die stelt dat er een verandering van de effecten over tijd plaatsvindt, kan hiermee niet verworpen worden. Onder andere voor Wind\_1 wordt een significant verschil gevonden en ook van verschillende andere variabelen blijkt tussen 2000 en 2010 een significant effect te zijn en daarna niet meer. Dit resultaat is in lijn met Marquering, Nisser en Valla(2006) die hetzelfde resultaat vonden bij verschillende andere markt anomalieën. Dit zou dus verklaard kunnen worden door meer bekendheid van de deze anomalie en door de technologische ontwikkeling waardoor investeerders hier beter op kunnen inspelen.

Tabel 14: De Coëfficiënten van voor en na 2010 van de in tabel 13 gevonden significante variabelen.

| Index  | Variabele    | Slope Coëfficiënt |            |
|--------|--------------|-------------------|------------|
|        |              | Voor 2010         | Na 2010    |
| R_NL   | Wind_1       | -0,00040**        | -0,0000019 |
| R_AMX  | Wind_1       | -0,00051***       | -0,0000016 |
|        | Temp_1 0-10% | 0,00255***        | 0,0003887  |
| R_ASCX | Wind_1       | -0,00041***       | -0,0000075 |
|        | Temp_1 0-10% | 0,0023***         | -0,0000504 |

\*\*\*, \*\*, \* geven aan dat de coëfficiënt significant is op respectievelijk het 1, 5 en 10% niveau.

## Handel strategieën

Bij onderzoek naar marktanomalieën is het natuurlijk altijd de vraag in hoeverre de gevonden anomalie gebruikt kan worden om geld mee te verdienen. In het geval van het weer is dit op meerdere punten lastig. Het weer is natuurlijk een zeer onzekere factor en soms is zelfs de voorspelling voor de volgende dag nog steeds onzeker. Ook de verklarende waarden van dit onderzoek zijn erg klein. Het effect van het weer blijft dus klein en een handel strategie ontwikkelen op basis van het weer effect zal dus waarschijnlijk lastig zijn door onder andere transactiekosten. Ook Hirshleifer en Shumway(2003) beargumenteren dit en stellen dat in hun onderzoek alleen handelaren met hele lage transactiekosten winst kunnen maken op basis van het weer effect.

In dit onderzoek worden op meerdere punten significante effecten gevonden en daarom zijn er meerdere handel strategieën mogelijk. De beste is door *long* te gaan in de AEX, AMX of AScX op dagen die behoren tot de 10% meest negatief afwijkende van het gemiddelde voor de hoeveelheid bewolking, temperatuur en wind. Dit houdt concreet in dat dit dagen zijn waarop de hoeveelheid bewolking meer dan 4.77 eenheden onder het maandelijks gemiddelde zit, de temperatuur meer dan 4,6 graden Celsius onder het maandelijks gemiddelde zit en de wind meer dan 1,77 m/s onder het maandelijks gemiddelde zit. Een voorbeeld hiervan is een februari dag tussen 09:00 en 18:00 waarop de bewolking een waarde van 1.18 of lager is, de temperatuur gemiddeld niet hoger is dan 0,73 graden Celsius en de wind niet harder dan 2,5 m/s waait. Dit houdt dus een erg zonnige, relatief koude en redelijk windstille dag in. In juli is dit een dag waarop de bewolking een waarde heeft van maximaal 0,58, de temperatuur maximaal 16,53 graden Celsius is en de wind niet harder waait dan 1,92 m/s. Ook weinig bewolkt en weinig wind maar een stuk hogere temperatuur dan in februari.

Op deze dagen zal het gemiddeld rendement gemiddeld van alle Nederlandse indices 0,355% hoger zijn. Het is niet zo dat dit alleen in een bepaald seizoen het geval is zoals bijvoorbeeld de zomer. Het gaat namelijk om een afwijking van het gemiddelde. Dus er wordt in dit onderzoek rekening mee gehouden dat de lente en zomer sowieso al zonniger zijn en dat het bijvoorbeeld in de winter harder waait. Door te controleren voor deze seizoenseffecten wordt het effect van het weer namelijk duidelijker en dit is in lijn met onderzoek van Hirshleifer en Shumway(2003).

Op dagen dat slechts één van de drie variabelen onder de kritieke waarde zit kan ook *long* gegaan worden, echter zal dit een kleiner rendement opleveren en is de vraag of dit opweegt tegen de transactiekosten. In de simpele regressie wordt voor de hoeveelheid wind een significant negatief effect gevonden. Een andere strategie kan dus zijn door op dagen dat het tussen 09:00 en 18:00 hard waait *short* te gaan. Zo zal op dagen dat het 5 m/s harder waait dan het gemiddelde voor die maand de return 0,127% lager zijn voor de AMX(Het effect was het sterkst op de AMX).

*Long* gaan op dagen dat de bewolking, temperatuur en wind erg negatief afwijken van het gemiddelde en *short* gaan op dagen dat het erg hard waait lijkt dus de beste strategie. De vraag is dan vervolgens wanneer deze posities moeten worden ingenomen. Het weer is namelijk zoals gezegd erg onzeker. Er kan dus het best gewacht worden tot een dag van tevoren of misschien zelfs de ochtend van tevoren met het innemen van de desbetreffende positie. Zo is de weersvoorspelling het zekerst en is er de grootste kans op het gewenste resultaat.

## Conclusie & Discussie

In dit onderzoek is getracht door middel van regressieanalyses te onderzoeken wat het effect is van het weer op investeerdersgedrag in de AScX, AMX, AEX en de drie indices opgeteld door verschillende hypothesen op te stellen.

Hypothesen 1, 2 en 4 die respectievelijk stellen dat de hoeveelheid bewolking, de hoogte van de temperatuur en de windsnelheid een negatief effect hebben op de rendementen van de indices kunnen niet verworpen worden. In alle univariate regressies worden significante resultaten gevonden die in dezelfde richting zijn als de hypothesen. Ook in de multivariate regressies met deze dummyvariabelen worden significante resultaten gevonden. Dit effect is het grootst in de AMX. Als het een dag was in de onderzochte periode die tot de 10% dagen behoorde waarop de bewolking, de temperatuur en de wind het meest negatief afweek van het maandelijks gemiddelde dan was de return van de AMX gemiddeld 0,398% hoger. Voor de return van alle Nederlandse indices is dit 0,355%. Ook is er een *pooled* OLS gedaan en hieruit kwamen dezelfde conclusies naar voren. Gecontroleerd is voor *fixed effects* maar deze bleken niet aanwezig. Deze resultaten zijn in lijn met eerdere onderzoeken van Hirshleifer en Shumway(2003), Saunders(1993) en Yoon en Kang(2009).

Voor de derde hypothese die stelt dat luchtvochtigheid een negatief effect heeft wordt geen significant resultaat gevonden. Met geen enkel bewijs wordt deze hypothese dan ook verworpen en dit is een andere bevinding dat het eerdere onderzoek van Yoon en Kang(2009).

Voor een verschil in effect tussen de AScX, de AMX en de AEX wordt geen significant resultaat gevonden. Hypothese vijf wordt dus verworpen. Institutionele investeerders gedragen zich dus niet anders met betrekking tot het weer effect dan individuele investeerders.

Voor hypothese zes, die stelt dat het effect afneemt over tijd wordt wel deels significant bewijs gevonden. Van vijf variabelen blijkt namelijk dat ze voor 2010 significant zijn en daarna niet meer. Aan de andere kant blijft ook een deel van de variabelen wel significant na 2010. Doch is er niet voldoende bewijs om de hypothese te verwerpen.

De hoofdvraag van dit onderzoek luidde als volgt:

*Wat is de invloed van het weer op de rendementen van de Nederlandse aandelenmarkt?*

Concluderend kan deze beantwoord worden door te stellen dat het weer wel degelijk enige vorm van effect heeft op de rendementen van de Nederlandse aandelenmarkt. De hoeveelheid wind lijkt hier het belangrijkste in, maar ook de hoeveelheid bewolking en de hoogte temperatuur spelen hier enige rol in. Al met al blijkt dat op een dag waarop het nauwelijks waait, de temperatuur relatief laag is, en

er nauwelijks bewolking is dat het rendement dan gemiddeld significant hoger is in vergelijking met de rest van de dagen in Nederland over de periode 2000-2019. Dit effect verschilt niet tussen de verschillende indices, maar lijkt wel af te nemen over tijd.

Enkele kritische noten moet hierbij wel vermeld worden. Zo is er ten eerste geen rekening gehouden met veel andere mark anomalieën. Sommige andere onderzoeken naar het effect van het weer hebben hier wel voor gecorrigeerd maar het lag buiten het bereik van dit onderzoek om dat te doen.

Verder is in dit onderzoek 19 jaar aan data gebruikt. Er wordt gevonden dat voor een aantal effecten het effect er voor 2010 wel was en na 2010 niet meer. Echter waren er voor 2000 misschien nog wel meer effecten. Daarom is het verstandig om in vervolgonderzoek een nog langere periode te gebruiken. Zo kunnen er nog duidelijker bepaalde effecten worden gevonden.

Daarnaast wordt er niet alleen vanuit Nederland geïnvesteerd in de Nederlandse indices. Natuurlijk is een groot deel ervan wel Nederlands en zullen er in de ASCX waarschijnlijk meer lokale investeerders zijn dan in de AEX, toch zal er altijd een deel van buiten Nederland komen. Daarom zou ik voor vervolgonderzoek aanraden om ook naar het weer van andere landen/plaatsen te kijken. Zo kan er misschien een sterker effect gevonden worden.

Ook is het maar de vraag in hoeverre handelaren echt door het weer beïnvloedt kunnen worden. Immers zitten de professionele handelaren op werkdagen gewoon binnen tijdens het werk en ook de meeste particuliere beleggers zullen tijdens werkdagen gewoon binnen zitten. Tijdens pauzes en dergelijke kunnen deze mensen natuurlijk wel even naar buiten en het kan daarom interessant zijn om naar nog specifiekere momenten op de dag te kijken naar een potentieel weereffect om zo nog meer bewijs te vinden. Bijvoorbeeld het uur na aankomst en het uur na de lunchpauze omdat veel werknemers dan net van buiten komen en dat het weer dan onbewust nog meer invloed heeft.

Verder is er bij het berekenen van de maandelijkse gemiddelden voor de weervariabelen gebruik gemaakt van 19 jaar aan data. Echter is er sprake van klimaatverandering en zullen de maandelijkse gemiddelden dus langzamerhand ook stijgen. In toekomstig zou hier het best voor gecontroleerd kunnen worden omdat er anders misschien verkeerde resultaten worden verkregen. Ook wordt er bij de verandering van variabelen over tijd geen rekening mee gehouden dat sommige anomalieën nooit helemaal geëlimineerd kunnen worden. Dit doordat de transactie kosten soms te hoog zijn en door shortsale restricties. Er zal dus beter gekeken moeten worden naar wat de precieze oorzaken zijn van de verdwijning van verschillende weer effecten.

Tot slot zijn er mogelijke handel strategieën besproken die een mogelijk voordeel kunnen opleveren. Echter is hierbij niet gekeken naar eventuele transactiekosten. In vervolgonderzoek zouden deze

mogelijke handel strategieën dus nog beter uitgewerkt en eventueel getest moeten worden om nog beter te kunnen kijken hoe er geprofiteerd kan worden van deze anomalie.

## Bibliografie

- Cunningham, M. R. (1979). Weather, mood, and helping behavior: Quasi experiments with the sunshine samaritan. *Journal of personality and social psychology*, 37(11), 1947.
- De Bondt, W. F., & Thaler, R. (1985). Does the stock market overreact?. *The Journal of finance*, 40(3), 793-805.
- Fama, E. F. (1970). Efficient capital markets: A review of theory and empirical work. *The journal of Finance*, 25(2), 383-417.
- Gompers, P. A., & Metrick, A. (2001). Institutional investors and equity prices. *The quarterly journal of Economics*, 116(1), 229-259.
- Hirshleifer, D., & Shumway, T. (2003). Good day sunshine: Stock returns and the weather. *The Journal of Finance*, 58(3), 1009-1032.
- Howarth, E., & Hoffman, M. S. (1984). A multidimensional approach to the relationship between mood and weather. *British Journal of Psychology*, 75(1), 15-23.
- Jegadeesh, N., & Titman, S. (1993). Returns to buying winners and selling losers: Implications for stock market efficiency. *The Journal of finance*, 48(1), 65-91.
- Krämer, W., & Runde, R. (1997). Stocks and the weather: An exercise in data mining or yet another capital market anomaly?. *Empirical Economics*, 22(4), 637-641.
- Lakonishok, J., Shleifer, A., & Vishny, R. W. (1992). The impact of institutional trading on stock prices. *Journal of financial economics*, 32(1), 23-43.
- Lakonishok, J., Shleifer, A., & Vishny, R. W. (1994). Contrarian investment, extrapolation, and risk. *The journal of finance*, 49(5), 1541-1578.
- Marquering, W., Nisser, J., & Valla, T. (2006). Disappearing anomalies: a dynamic analysis of the persistence of anomalies. *Applied Financial Economics*, 16(4), 291-302.
- Raghunathan, R., & Pham, M. T. (1999). All negative moods are not equal: Motivational influences of anxiety and sadness on decision making. *Organizational behavior and human decision processes*, 79(1), 56-77.
- Sandilands, M. L. (1995) Psychology of the wind, *Canadian Psychology/Psychologie canadienne*, 36, 138.
- Saunders, E. M. (1993). Stock prices and Wall Street weather. *The American Economic Review*, 83(5), 1337-1345.
- Sharpe, W. F. (1964). Capital asset prices: A theory of market equilibrium under conditions of risk. *The journal of finance*, 19(3), 425-442.
- Shu, H. C., & Hung, M. W. (2009). Effect of wind on stock market returns: evidence from European markets. *Applied Financial Economics*, 19(11), 893-904.
- Wright, W. F., & Bower, G. H. (1992). Mood effects on subjective probability assessment. *Organizational behavior and human decision processes*, 52(2), 276-291.

Yoon, S. M., & Kang, S. H. (2009). Weather effects on returns: Evidence from the Korean stock market. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 388(5), 682-690.



## Appendices

### Appendix A: Dickey-Fuller statistiek

Tabel 15: Dickey-Fuller toetswaarden voor de drie indices waarmee aangetoond kan worden of de aanname van non-stationariteit opgaat. Gegeven zijn de Z-waarde en het aantal observaties

| Index       | AEX       | AMX       | AScX      |
|-------------|-----------|-----------|-----------|
| Z(t)        | -70,84*** | -64,12*** | -62,41*** |
| Observaties | 4886      | 4986      | 4986      |

\*\*\*, \*\*, \* geven aan dat de toetswaarde significant is op respectievelijk het 1, 5 en 10% niveau.

### Appendix B: Regressietabellen per weervariabele

Tabel 1: Effect van de temperatuur op de return van alle indices opgeteld, de ASCX, de AMX en de AEX. Gegeven zijn de Coëfficiënt, de constante, het aantal observaties(N) en de R<sup>2</sup>.

|                | R_NL                      | R_ASCX                    | R_AMX                     | R_AEX                     |
|----------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Temp_1         | -0.0000582<br>(0.0000408) | -0.0000468<br>(0.0000355) | -0.0000729<br>(0.0000455) | -0.0000611<br>(0.0000522) |
| Constante      | -0.00000882<br>(0.000157) | 0.0000616<br>(0.000138)   | -0.00000455<br>(0.000177) | -0.0000948<br>(0.000195)  |
| N              | 4986                      | 4986                      | 4986                      | 4986                      |
| R <sup>2</sup> | 0.000                     | 0.000                     | 0.000                     | 0.000                     |

White (1980) Heteroskedasticiteit consistente standaardfouten in parentheses. \*\*\*, \*\*, \* geven aan dat de coëfficiënt significant is op respectievelijk het 1, 5 en 10% niveau.

Tabel 2: Effect van de dummyvariabele voor de 10% dagen dat de temperatuur het meest negatief afwijkt van het maandelijks gemiddelde op de return van alle indices opgeteld, de ASCX, de AMX en de AEX. Gegeven zijn de coëfficiënt, de constante, het aantal observaties(N) en de R<sup>2</sup>.

|                | R_NL                    | R_ASCX                   | R_AMX                   | R_AEX                   |
|----------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Temp_1 0-10%   | 0.00109*<br>(0.000559)  | 0.00104**<br>(0.000485)  | 0.00140**<br>(0.000628) | 0.000898<br>(0.000696)  |
| Constante      | -0.000118<br>(0.000163) | -0.0000428<br>(0.000144) | -0.000144<br>(0.000185) | -0.000185<br>(0.000204) |
| N              | 4986                    | 4986                     | 4986                    | 4986                    |
| R <sup>2</sup> | 0.001                   | 0.001                    | 0.001                   | 0.000                   |

White (1980) Heteroskedasticiteit consistente standaardfouten in parentheses. \*\*\*, \*\*, \* geven aan dat de coëfficiënt significant is op respectievelijk het 1, 5 en 10% niveau.

Tabel 3: Effect van de dummyvariabele voor de 10% dagen dat de temperatuur het meest positief afwijkt van het maandelijks gemiddelde op de return van alle indices opgeteld, de ASCX, de AMX en de AEX. Gegeven zijn de coëfficiënt, de constante, het aantal observaties(N) en de R<sup>2</sup>.

|                | R_NL                    | R_ASCX                 | R_AMX                   | R_AEX                   |
|----------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Temp_1 90-100% | 0.0000290<br>(0.000475) | 0.000274<br>(0.000412) | -0.000257<br>(0.000522) | 0.0000504<br>(0.000624) |

|                       |                          |                         |                         |                         |
|-----------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Constante             | -0.0000120<br>(0.000167) | 0.0000340<br>(0.000147) | 0.0000208<br>(0.000190) | -0.000100<br>(0.000207) |
| <i>N</i>              | 4986                     | 4986                    | 4986                    | 4986                    |
| <i>R</i> <sup>2</sup> | 0.000                    | 0.000                   | 0.000                   | 0.000                   |

White (1980) Heteroskedasticiteit consistente standaardfouten in parentheses. \*\*\*, \*\*, \* geven aan dat de coëfficiënt significant is op respectievelijk het 1, 5 en 10% niveau.

Tabel 4: Effect van de wind op de return van alle indices opgeteld, de ASCX, de AMX en de AEX. Gegeven zijn de Coëfficiënt, de constante, het aantal observaties(*N*) en de *R*<sup>2</sup>.

|                       | R_NL                      | R_ASCX                     | R_AMX                     | R_AEX                    |
|-----------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Wind_1                | -0.000198*<br>(0.000105)  | -0.000206**<br>(0.0000948) | -0.000254**<br>(0.000122) | -0.000130<br>(0.000126)  |
| Constante             | -0.00000897<br>(0.000156) | 0.0000615<br>(0.000138)    | -0.00000474<br>(0.000177) | -0.0000950<br>(0.000195) |
| <i>N</i>              | 4986                      | 4986                       | 4986                      | 4986                     |
| <i>R</i> <sup>2</sup> | 0.001                     | 0.001                      | 0.001                     | 0.000                    |

White (1980) Heteroskedasticiteit consistente standaardfouten in parentheses. \*\*\*, \*\*, \* geven aan dat de coëfficiënt significant is op respectievelijk het 1, 5 en 10% niveau.

Tabel 5: Effect van de dummyvariabele voor de 10% dagen dat de wind het meest negatief afwijkt van het maandelijks gemiddelde op de return van alle indices opgeteld, de ASCX, de AMX en de AEX. Gegeven zijn de coëfficiënt, de constante, het aantal observaties(*N*) en de *R*<sup>2</sup>.

|                       | R_NL                    | R_ASCX                   | R_AMX                   | R_AEX                   |
|-----------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Wind_1 0-10%          | 0.00121**<br>(0.000516) | 0.000844*<br>(0.000440)  | 0.00151**<br>(0.000604) | 0.00123*<br>(0.000650)  |
| Constante             | -0.000128<br>(0.000165) | -0.0000217<br>(0.000146) | -0.000153<br>(0.000186) | -0.000216<br>(0.000206) |
| <i>N</i>              | 4986                    | 4986                     | 4986                    | 4986                    |
| <i>R</i> <sup>2</sup> | 0.001                   | 0.001                    | 0.001                   | 0.001                   |

White (1980) Heteroskedasticiteit consistente standaardfouten in parentheses. \*\*\*, \*\*, \* geven aan dat de coëfficiënt significant is op respectievelijk het 1, 5 en 10% niveau.

Tabel 6: Effect van de dummyvariabele voor de 10% dagen dat de wind het meest positief afwijkt van het maandelijks gemiddelde op de return van alle indices opgeteld, de ASCX, de AMX en de AEX. Gegeven zijn de coëfficiënt, de constante, het aantal observaties(*N*) en de *R*<sup>2</sup>.

|                       | R_NL                    | R_ASCX                   | R_AMX                   | R_AEX                    |
|-----------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Wind_1 90-100%        | -0.000300<br>(0.000523) | -0.0000899<br>(0.000488) | -0.000545<br>(0.000613) | -0.000299<br>(0.000598)  |
| Constante             | 0.0000209<br>(0.000165) | 0.0000703<br>(0.000144)  | 0.0000496<br>(0.000186) | -0.0000652<br>(0.000208) |
| <i>N</i>              | 4986                    | 4986                     | 4986                    | 4986                     |
| <i>R</i> <sup>2</sup> | 0.000                   | 0.000                    | 0.000                   | 0.000                    |

White (1980) Heteroskedasticiteit consistente standaardfouten in parentheses. \*\*\*, \*\*, \* geven aan dat de coëfficiënt significant is op respectievelijk het 1, 5 en 10% niveau.

Tabel 7: Effect van de luchtvochtigheid op de return van alle indices opgeteld, de ASCX, de AMX en de AEX. Gegeven zijn de Coëfficiënt, de constante, het aantal observaties(N) en de R<sup>2</sup>.

|                | R_NL                      | R_ASCX                    | R_AMX                    | R_AEX                     |
|----------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|
| Lucht_1        | -0.0000239<br>(0.0000134) | -0.0000258<br>(0.0000115) | 0.0000346<br>(0.0000154) | -0.0000838<br>(0.0000168) |
| Constante      | -0.0000925<br>(0.000157)  | 0.0000612<br>(0.000138)   | -0.0000477<br>(0.000178) | -0.0000955<br>(0.000195)  |
| N              | 4986                      | 4986                      | 4986                     | 4986                      |
| R <sup>2</sup> | 0.000                     | 0.000                     | 0.000                    | 0.000                     |

White (1980) Heteroskedasticiteit consistente standaardfouten in parentheses. \*\*\*, \*\*, \* geven aan dat de coëfficiënt significant is op respectievelijk het 1, 5 en 10% niveau.

Tabel 8: Effect van de dummyvariabele voor de 10% dagen dat de luchtvochtigheid het meest negatief afwijkt van het maandelijks gemiddelde op de return van alle indices opgeteld, de ASCX, de AMX en de AEX. Gegeven zijn de coëfficiënt, de constante, het aantal observaties(N) en de R<sup>2</sup>.

|                | R_NL                     | R_ASCX                  | R_AMX                   | R_AEX                   |
|----------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Lucht_1 0-10%  | -0.0000476<br>(0.000489) | 0.0000216<br>(0.000407) | -0.000217<br>(0.000553) | 0.000126<br>(0.000646)  |
| Constante      | -0.0000437<br>(0.000166) | 0.0000591<br>(0.000147) | 0.0000167<br>(0.000188) | -0.000108<br>(0.000206) |
| N              | 4986                     | 4986                    | 4986                    | 4986                    |
| R <sup>2</sup> | 0.000                    | 0.000                   | 0.000                   | 0.000                   |

White (1980) Heteroskedasticiteit consistente standaardfouten in parentheses. \*\*\*, \*\*, \* geven aan dat de coëfficiënt significant is op respectievelijk het 1, 5 en 10% niveau.

Tabel 9: Effect van de dummyvariabele voor de 10% dagen dat de luchtvochtigheid het meest positief afwijkt van het maandelijks gemiddelde op de return van alle indices opgeteld, de ASCX, de AMX en de AEX. Gegeven zijn de coëfficiënt, de constante, het aantal observaties(N) en de R<sup>2</sup>.

|                 | R_NL                     | R_ASCX                  | R_AMX                    | R_AEX                   |
|-----------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Lucht_1 90-100% | 0.000100<br>(0.000562)   | -0.000191<br>(0.000467) | 0.000255<br>(0.000653)   | 0.000276<br>(0.000702)  |
| Constante       | -0.0000191<br>(0.000163) | 0.0000803<br>(0.000145) | -0.0000304<br>(0.000184) | -0.000123<br>(0.000204) |
| N               | 4986                     | 4986                    | 4986                     | 4986                    |
| R <sup>2</sup>  | 0.000                    | 0.000                   | 0.000                    | 0.000                   |

White (1980) Heteroskedasticiteit consistente standaardfouten in parentheses. \*\*\*, \*\*, \* geven aan dat de coëfficiënt significant is op respectievelijk het 1, 5 en 10% niveau.

Tabel 10: Effect van de bewolking op de return van alle indices opgeteld, de ASCX, de AMX en de AEX. Gegeven zijn de Coëfficiënt, de constante, het aantal observaties(N) en de R<sup>2</sup>.

|                | R_NL                      | R_ASCX                    | R_AMX                     | R_AEX                    |
|----------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Wolk_1         | -0.0000796<br>(0.0000652) | -0.0000845<br>(0.0000556) | -0.0000454<br>(0.0000739) | -0.000103<br>(0.0000837) |
| Constante      | -0.00000762<br>(0.000157) | 0.0000629<br>(0.000138)   | -0.00000408<br>(0.000177) | -0.0000932<br>(0.000196) |
| N              | 4986                      | 4986                      | 4986                      | 4986                     |
| R <sup>2</sup> | 0.000                     | 0.000                     | 0.000                     | 0.000                    |

White (1980) Heteroskedasticiteit consistente standaardfouten in parentheses. \*\*\*, \*\*, \* geven aan dat de coëfficiënt significant is op respectievelijk het 1, 5 en 10% niveau.

Tabel 11: Effect van de dummyvariabele voor de 10% dagen dat de bewolking het meest negatief afwijkt van het maandelijks gemiddelde op de return van alle indices opgeteld, de ASCX, de AMX en de AEX. Gegeven zijn de coëfficiënt, de constante, het aantal observaties(N) en de R<sup>2</sup>.

|                | R_NL                     | R_ASCX                   | R_AMX                   | R_AEX                   |
|----------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Wolk_1 0-10%   | 0.00150***<br>(0.000525) | 0.00137***<br>(0.000431) | 0.00137**<br>(0.000585) | 0.00171**<br>(0.000703) |
| Constante      | -0.000158<br>(0.000165)  | -0.0000745<br>(0.000146) | -0.000141<br>(0.000187) | -0.000265<br>(0.000204) |
| N              | 4986                     | 4986                     | 4986                    | 4986                    |
| R <sup>2</sup> | 0.002                    | 0.002                    | 0.001                   | 0.001                   |

White (1980) Heteroskedasticiteit consistente standaardfouten in parentheses. \*\*\*, \*\*, \* geven aan dat de coëfficiënt significant is op respectievelijk het 1, 5 en 10% niveau.

Tabel 12: Effect van de dummyvariabele voor de 10% dagen dat de bewolking het meest positief afwijkt van het maandelijks gemiddelde op de return van alle indices opgeteld, de ASCX, de AMX en de AEX. Gegeven zijn de coëfficiënt, de constante, het aantal observaties(N) en de R<sup>2</sup>.

|                | R_NL                     | R_ASCX                  | R_AMX                    | R_AEX                   |
|----------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Wolk_1 90-100% | 0.000487<br>(0.000499)   | 0.000459<br>(0.000420)  | 0.000741<br>(0.000597)   | 0.000316<br>(0.000599)  |
| Constante      | -0.0000589<br>(0.000166) | 0.0000145<br>(0.000147) | -0.0000806<br>(0.000187) | -0.000127<br>(0.000208) |
| N              | 4986                     | 4986                    | 4986                     | 4986                    |
| R <sup>2</sup> | 0.000                    | 0.000                   | 0.000                    | 0.000                   |

White (1980) Heteroskedasticiteit consistente standaardfouten in parentheses. \*\*\*, \*\*, \* geven aan dat de coëfficiënt significant is op respectievelijk het 1, 5 en 10% niveau.

## Appendix C: Regressies gecontroleerd voor fixed effects en dummy's

Tabel 1: Pooled OLS, gecontroleerd voor fixed effects, met de weervariabelen in de linker kolom en de return in de rechterkolom. Veder gegeven zijn het aantal observaties(N) en de R2.

| Variabele             | Coëfficiënt                 |
|-----------------------|-----------------------------|
| Temp_1                | -0.0000704**<br>(0.0000282) |
| Wolk_1                | -0.0000929*<br>(0.0000543)  |
| Lucht_1               | 4.57e-08<br>(0.0000114)     |
| Wind_1                | -0.000171**<br>(0.0000676)  |
| Constante             | -0.0000106<br>(0.0000992)   |
| <i>N</i>              | 14958                       |
| <i>R</i> <sup>2</sup> | 0.001                       |

Standaardfouten in parentheses. \*\*\*, \*\*, \* geven aan dat de coëfficiënt significant is op respectievelijk het 1, 5 en 10% niveau.

Tabel 2: Pooled OLS, gecontroleerd voor fixed effects, met de weervariabelen in de linker kolom en de return in de rechterkolom. Veder gegeven zijn het aantal observaties(N) en de R2.

| Variabele             | Coëfficiënt                 |
|-----------------------|-----------------------------|
| Temp_1                | -0.0000704**<br>(0.0000282) |
| Wolk_1                | -0.0000929*<br>(0.0000543)  |
| Lucht_1               | 4.57e-08<br>(0.0000114)     |
| Wind_1                | -0.000171**<br>(0.0000676)  |
| AMX                   | -0.0000662<br>(0.000243)    |
| AScX                  | -0.000156<br>(0.000243)     |
| Constante             | 0.0000636<br>(0.000172)     |
| <i>N</i>              | 14958                       |
| <i>R</i> <sup>2</sup> | 0.001                       |

Standaardfouten in parentheses. \*\*\*, \*\*, \* geven aan dat de coëfficiënt significant is op respectievelijk het 1, 5 en 10% niveau.