

BEDRIJFSECONOMISCHE WETENSCHAPPEN

*master in de toegepaste economische wetenschappen:
handelsingenieur: marketing*

2 0 1 0
2 0 1 1

Masterproef

*Stroom uit zonlicht (fotovoltaïsche stroom): nog
rendabel na de prijsverlaging van de groenestroom
certificaten?*

Promotor :
Prof. dr. Theo THEWYS

Dimitri Biesmans

*Masterproef voorgedragen tot het bekomen van de graad van master in de toegepaste
economische wetenschappen: handelsingenieur, afstudeerrichting marketing*

2 0 1 0
2 0 1 1

BEDRIJFSECONOMISCHE WETENSCHAPPEN

*master in de toegepaste economische wetenschappen:
handelsingenieur: marketing*

Masterproef

*Stroom uit zonlicht (fotovoltaïsche stroom): nog
rendabel na de prijsverlaging van de groenestroom
certificaten?*

Promotor :
Prof. dr. Theo THEWYS

Dimitri Biesmans

*Masterproef voorgedragen tot het bekomen van de graad van master in de toegepaste
economische wetenschappen: handelsingenieur, afstudeerrichting marketing*

Voorwoord

Deze masterproef kadert zich binnen het gebied van de milieueconomie, waarbij de nodige aandacht uitgaat naar zowel de economische als de ecologische aspecten van het vraagstuk. Het is een zeer actueel onderwerp, wat het zeer interessant maakte om er een onderzoek rond uit te voeren. Dit werk steunt op kennis en vaardigheden aangeleerd tijdens de 5 jarige opleiding van Handelsingenieur aan Universiteit Hasselt.

In het licht hiervan wil ik vooreerst mijn moeder bedanken, die mij altijd enorm hard gesteund heeft op alle mogelijke manieren tijdens het maken van deze eindverhandeling en tijdens de gehele duur van mijn opleiding. Verder wil ik ook mijn vrienden en mijn zus Evelyne bedanken, op wie ik kon terugvallen voor feedback, raadgeving en mentale steun.

Ik wil ook prof. dr. Theo Thewys danken voor het aanbieden van het onderwerp van de masterproef. Ook voor zijn begeleiding bij het maken van deze masterproef, het nalezen van de conceptversies en het aanreiken de nodige tips wil ik hem danken. Gedurende de onderzoeksfase van deze thesis heeft prof. dr. Chris Masui mij ook onmisbare hulp geboden, waarvoor ik haar ontzettend wil bedanken.

Dan rest er mij nog een laatste dankwoord voor iedereen die mij in enige vorm gesteund heeft bij het maken van deze eindverhandeling, al de hulp die ik gekregen heb in de loop van het werk is ten zeerste geapprecieerd geweest.

Dimitri Biesmans,

Houthalen, mei 2011

Samenvatting

Sinds 2002 bestaat er in Vlaanderen overheidssteun in de vorm van groenestroomcertificaten voor elektriciteit opgewekt uit groene energie. Deze certificaten worden door de producent verkregen per Megawattuur opgewekte groene elektriciteit. Deze eindverhandeling legt zich volledig toe op de groenestroomcertificaten verkregen uit zonne-energie. Elk groenestroomcertificaat kan door de producent verkocht worden, hetzij tegen een onderhandelde prijs, hetzij tegen een gegarandeerde minimumprijs. De invloed op de rendabiliteit van een PV-investering uitgaande van de evolutie van deze minimumprijs voor de groenestroomcertificaten vormt de spil van dit onderzoek.

Voor 2006 bedroeg de minimumprijs 150 EUR per certificaat. Tussen 2006 en 2009 werd de minimumprijs echter sterk opgetrokken tot 450 EUR per certificaat met als doel de rendabiliteit van de investering in zonnepanelen fictief op te krikken en zo investeringen in deze alternatieve energievorm aan te sporen. Aan het einde van deze periode overtrof het aantal investeringen echter de verwachtingen, waardoor de hoge minimumprijzen een probleem dreigden te worden voor de hiervoor beschikbare geldmiddelen.

Om tot een gezonde markt te komen was het nodig dat de minimumprijzen van groenestroomcertificaten zouden dalen. De overmaatse overheidssteun in het verleden in de vorm van groenestroomcertificaten voor zonne-energie wegen zoals gezegd zwaar door op de beschikbare geldmiddelen. Bovendien kan een blijvende overmaatse overheidssteun ertoe leiden dat de technologische ontwikkelingen niet voldoende prikkels ondervinden om verbeteringen of prijsdalingen door te voeren.

Redenen genoeg dus om de gegarandeerde minimumprijzen te verlagen en een overgang te zoeken van een door de overheid gesteunde techniek, naar een technologie die meer door marktfactoren wordt gestimuleerd. Dit werk tracht te achterhalen in welke mate de groenestroomcertificaten bijdragen tot de rendabiliteit. Meerbepaald: Is in Vlaanderen de investering in fotonvoltaïsche cellen voor particulieren rendabel na de prijsverlaging in de groenestroomcertificaten vanaf 2010? Deze wetenschap kan helpen bij het bepalen van de grootteorde van de daling in de minimumprijzen van groenestroomcertificaten. Dit kan aanduiden in welke mate de marktfactoren die een invloed hebben op de rendabiliteit dienen te evolueren om te kunnen compenseren voor de daling in de minimumprijzen voor groenestroomcertificaten. De onzekerheid van deze marktontwikkelingen worden in de analyses steeds weergegeven door de prijs van elektriciteit, die recht evenredig is met de rendabiliteit, en de kostprijs van de installatie, die heeft een positief effect heeft op de rendabiliteit bij een daling van de parameterwaarde. Vanwege de onzekerheid van de waarde van deze parameters in de toekomst, krijgen ze in de analyses steeds een variabel karakter via ontwikkelingspercentages.

Aan de hand van een kosten-batenanalyse worden er drie investeringsanalyses uitgevoerd. Op de eerste plaats wordt een scenario analyse, met een waarschijnlijk, een optimistisch en een pessimistisch scenario, uitgewerkt. Hierna wordt een breakeven analyse verricht en tot slot worden de gegevens gebruikt om een sensitiviteitsanalyse van de netto contante waarde van de investering uit te voeren. Door de toepassing van drie verschillende methodes voor investeringsanalyse kunnen de bekomen resultaten via 'triangulatie' getest worden op hun robuustheid.

In de scenario analyse krijgen de ontwikkelingspercentages voor elektriciteitsprijsstijging en de prijsdaling van de PV-cellen telkens een andere waarde voor ieder van de drie scenario's. Bij het waarschijnlijke scenario krijgen de percentages een waarde die het meest verwacht wordt op basis van de geraadpleegde literatuur. De percentages voor het pessimistische scenario zijn gebaseerd op meer conservatieve verwachtingen, terwijl de percentages van het optimistische scenario gekozen zijn met een meer rooskleurige kijk op de toekomst. Zo geeft de scenario analyse een beeld van de mate waarin de rendabiliteit afhankelijk is van de marktontwikkelingen. Enkel voor het meest optimistische scenario eindigt de investering niet in een onrendabele zone.

In de breakeven analyse wordt voor de ontwikkelingspercentages gezocht naar de waarde waarbij de rendabiliteit van de investering gelijk is aan nul. In deze analyse wordt bovendien gezocht naar de breakeven waarde van de minimumprijzen van de GSC. Deze waardes laten toe te vergelijken in welke mate de gegarandeerde minimumprijzen afwijken van de bekomen breakeven waardes. Dit leert in welke mate de huidige toestand afwijkt van het minimum vereiste. De minimumprijzen van groenestroomcertificaten liggen voor al de periodes waarover deze dalen boven de breakeven prijzen. Dit duidt erop dat er ruimte is voor een daling in de minimumprijzen.

De sensitiviteitsanalyse werpt licht op de mate waarin de variantie van de rendabiliteit bepaald wordt door de procentuele stijging van elektriciteit en de percentsgewijze daling van de prijs van zonnepanelen. Ook de afhankelijkheid tegenover de discontovoet en de minimumprijzen van groenestroomcertificaten wordt nagegaan. Deze analyse geeft belangrijke inzichten in de manier waarop de onzekerheid (variabiliteit) van de factoren die de rendabiliteit beïnvloeden de variabiliteit van de NCW verklaren. In de eerste periodes waarin de minimumprijzen dalen, blijven de prijzen van de groenestroomcertificaten de belangrijkste parameters voor de variabiliteit van de gesimuleerde winstgevendheid. In de latere periodes neemt de daling in de kostprijs van de zonnepanelen deze rol over. Dit duidt erop dat de markt kan compenseren voor de daling in minimumprijzen. Uit de vorige analyses blijkt dat dit niet snel genoeg kan. De invloed van de prijsstijging van elektriciteit blijft steeds bescheiden.

De hoge steun vanwege de certificaten putten de voorziene geldmiddelen zoals gezegd te snel uit. Om dit op te vangen zou het elektriciteitstarief van iedere Vlaming omhoog geschroefd moeten worden. Om dit te temperen wil de overheid de gegarandeerde minimumprijzen aan een versneld

tempo laten dalen. Deze verandering beïnvloedt de resultaten op niet onbelangrijke wijze. De invloed van de wijziging wordt nagegaan terwijl de vergelijking wordt gemaakt met het huidige dalingspatroon. Hieruit blijkt dat er wat te zeggen valt in het voordeel van de versnelde daling. Beide dalingspatronen hebben voor- en nadelen, maar de versnelde daling leidt de technologie sneller weg van de afhankelijkheid van overheidssteun en kent bovendien geen negatieve zone voor de winstgevendheid.

Om af te sluiten wordt er de mogelijkheid om de investering in zonnepanelen uit te stellen onderzocht. Op deze manier kan de particuliere investeerder anticiperen op de marktontwikkelingen die een positief effect hebben op de rendabiliteit. Het tempo van de daling van de minimumprijzen zal hierin een belangrijke rol spelen. Voor beide dalingspatronen zijn de resultaten verschillend. Onder het huidige dalingspatroon is het duidelijk dat een particuliere investeerder het jaar 2013 zou verkiezen, bij de versnelde daling is het uitstellen van de investering niet aangewezen.

Inhoudsopgave

| | |
|---|-----|
| Voorwoord | i |
| Samenvatting | iii |
| Inhoudsopgave | vii |
| Lijst van tabellen | x |
| Lijst van figuren..... | xi |
| Hoofdstuk 1: Onderzoeksonderwerp | 1 |
| 1.1 Zonnestroom | 1 |
| 1.2 Groenestroomcertificaten | 5 |
| Hoofdstuk 2: Probleemstelling | 9 |
| 2.1 Centrale onderzoeksvraag: | 9 |
| 2.2 Deelvragen..... | 12 |
| 2.2.1 Prijs groenestroomcertificaten | 12 |
| 2.2.2 Kostendaling vanwege leereffect..... | 13 |
| 2.2.3 Prijsstijging elektriciteit | 15 |
| Hoofdstuk 3: Onderzoeksopzet | 21 |
| 3.1 Investeringsanalyses | 21 |
| 3.1.1 Scenario analyse | 21 |
| 3.1.2 Tijdsconstante variabelen | 22 |
| 3.1.3 Tijdsafhankelijke variabelen | 24 |
| 3.1.4 Breakeven analyse..... | 25 |
| 3.1.5 Sensitiviteitsanalyse | 25 |

| | | |
|--|--|----|
| 3.2 | Herziening van de groenestroomcertificaten minimumprijzen | 26 |
| 3.3 | Alternatieve investering | 26 |
| Hoofdstuk 4: Scenario analyse | | 27 |
| 4.1 | Parameterwaardes..... | 27 |
| 4.1.1 | Kostendaling installatie | 27 |
| 4.1.2 | Prijsstijging elektriciteit | 28 |
| 4.2 | Modelbespreking | 28 |
| 4.2.1 | Berekening Netto Contante Waarde en Assumpties | 28 |
| 4.2.2 | Waarschijnlijk Scenario | 31 |
| 4.2.3 | Pessimistisch scenario | 35 |
| 4.2.4 | Optimistisch scenario | 36 |
| 4.3 | Conclusie | 36 |
| Hoofdstuk 5: Breakeven analyse | | 39 |
| 5.1 | Prijsstijging elektriciteit als veranderlijke | 40 |
| 5.2 | Kostendaling installatie als veranderlijke | 41 |
| 5.3 | Groenestroomcertificaten als veranderlijke | 42 |
| 5.4 | Conclusie | 43 |
| Hoofdstuk 6: Sensitiviteitsanalyse | | 45 |
| 6.1 | Inleiding..... | 45 |
| 6.1 | Simulatie 1: Prijsstijging elektriciteit, Kostendaling installatie, Discontovoet | 46 |
| 6.1.1 | Netto Contante Waarde profiel | 46 |
| 6.1.2 | Contribution to variance | 48 |
| 6.2 | Simulatie 2: Prijsstijging elektriciteit, Kostendaling installatie | 51 |

| | | |
|--------------|--|----|
| 6.2.1 | Contribution to variance | 52 |
| 6.3 | Simulatie 3 en 4: Prijsstijging elektriciteit, Kostendaling installatie, Minimumprijs groenestroomcertificaten | 53 |
| 6.3.1 | Assumptiebepaling..... | 53 |
| 6.4 | Simulatie 3: Uniforme kansverdeling, afhankelijk interval..... | 56 |
| 6.4.1 | Netto Contante Waarde profiel | 56 |
| 6.4.2 | Contribution to variance | 57 |
| 6.5 | Simulatie 4: Driehoeksverdeling, vast interval | 59 |
| 6.5.1 | Netto Contante Waarde profiel | 59 |
| 6.5.2 | Contribution to Variance | 60 |
| 6.6 | Conclusie | 61 |
| Hoofdstuk 7: | Herziening minimumprijzen groenestroomcertificaten | 63 |
| 7.1 | Inleiding..... | 63 |
| 7.2 | Simulatie 5: Prijsstijging elektriciteit, Kostendaling installatie, Discontovoet | 64 |
| 7.2.1 | Netto Contante Waarde profiel | 65 |
| 7.2.2 | Contribution to variance | 67 |
| 7.3 | Simulatie 6: Prijsstijging elektriciteit, Kostendaling installatie, Minimumprijs groenestroomcertificaten | 69 |
| 7.3.1 | Driehoeksverdeling, vast interval..... | 69 |
| 7.3.2 | Contribution to variance | 70 |
| 7.4 | Conclusie | 71 |
| Hoofdstuk 8: | Alternatieve investering | 73 |
| 8.1 | Huidige minimumprijzen groenestroomcertificaten..... | 73 |
| 8.2 | Herziene minimumprijzen groenestroomcertificaten | 74 |

| | | |
|---------------|---|----|
| 8.3 | Conclusie | 75 |
| Hoofdstuk 9: | Bespreking en conclusies | 77 |
| Hoofdstuk 10: | Beperkingen en aanbevelingen voor verder onderzoek..... | 81 |
| Hoofdstuk 11: | Lijst van geraadpleegde werken | 83 |
| Bijlagen | | 87 |

Lijst van tabellen

| | | |
|-----------|---|----|
| Tabel 1: | Aantal uitgekeerde groenestroomcertificaten per techniek (VREG, 2010) | 6 |
| Tabel 2: | Minimumprijs groenestroomcertificaten (VREG, 2010) | 7 |
| Tabel 3: | Parameterwaardes | 25 |
| Tabel 4: | Parameterwaardes Scenario analyse..... | 27 |
| Tabel 5: | Netto Contante Waardes Waarschijnlijk scenario | 34 |
| Tabel 6: | Netto Contante Waardes Pessimistisch scenario | 35 |
| Tabel 7: | Netto Contante Waardes Optimistisch scenario | 36 |
| Tabel 8: | Breakeven waardes groeipercentages elektriciteitsprijs..... | 40 |
| Tabel 9: | Breakeven waardes kostprijs PV-installatie..... | 41 |
| Tabel 10: | Breakeven waardes minimumprijzen groenestroomcertificaten | 43 |
| Tabel 11: | Netto Contante Waardes Simulatie 1 | 46 |
| Tabel 12: | Grensbepaling afhankelijk interval..... | 56 |
| Tabel 13: | Netto Contante Waardes Simulatie 3 | 57 |
| Tabel 14: | Netto Contante Waardes Simulatie 4 | 59 |
| Tabel 15: | Minimumprijzen groenestroomcertificaten herziende daling | 64 |
| Tabel 16: | Simulatie 5 Netto Contante Waardes | 65 |

Lijst van figuren

| | | |
|------------|---|----|
| Figuur 1: | Dalingspatroon minimumprijs groenestroomcertificaten | 7 |
| Figuur 2: | Aandeel van de energiedragers in de netto-elektriciteitsproductie Vlaanderen..... | 16 |
| Figuur 3: | Prijsstijging elektriciteit AEO2010 en AEO2011 (EIA, 2010) | 17 |
| Figuur 4: | Trendlijn globale fossiele brandstofprijzen (WETO 2030, 2003) | 19 |
| Figuur 5: | Scenario analyse Netto Contante Waarde profiel | 37 |
| Figuur 6: | Simulatie 1 Netto Contante Waarde profiel | 47 |
| Figuur 7: | Kansberekening voor negatieve Netto Contante Waarde | 47 |
| Figuur 8: | Simulatie 1 Contribution to variance charts | 49 |
| Figuur 9: | Simulatie 2 Contribution to variance charts | 52 |
| Figuur 10: | Simulatie 3 Contribution to variance charts..... | 58 |
| Figuur 11: | Simulatie 4 Contribution to variance charts..... | 61 |
| Figuur 12: | Simulatie 5 Netto Contante Waarde profiel | 66 |
| Figuur 13: | Simulatie 5 Netto Contante Waarde profiel uitgebreid | 66 |
| Figuur 14: | Simulatie 5 Contribution to variance charts..... | 68 |
| Figuur 15: | Simulatie 6 Contribution to variance charts..... | 70 |
| Figuur 16: | Netto contante waarde profiel alternatieve investering | 73 |
| Figuur 17: | Netto contante waarde profiel alternatieve investering herziening minimumprijs groenestroomcertificaten | 75 |

Hoofdstuk 1: Onderzoeksonderwerp

In dit onderdeel van deze masterproef wordt het probleem geschetst waarover dit werk handelt. Aan de hand van een literatuuronderzoek is een brede basis bekomen om de kwestie nauwkeurig in kaart te brengen zodat geen kritische factoren buiten beschouwing worden gelaten. Vooreerst wordt de huidige marktsituatie van fotovoltaïsche zonnepanelen besproken waarna er dieper wordt ingegaan op de werking van groenestroomcertificaten. De problematiek van de dalende minimumprijs van deze certificaten vormt de hoofdzaak van dit werk.

Het aanwenden van alternatieve bronnen voor het opwekken van energie is een actueel thema. Vanwege de negatieve effecten van het gebruiken van fossiele brandstoffen als energiebron is de zoektocht naar duurzame middelen een veel besproken agendapunt. Het praktijkprobleem van dit werk is in deze bredere context te plaatsen, maar legt zich toe op het specifiek probleem van groenestroomcertificaten voortkomend uit de elektriciteitsproductie door middel van zonnepanelen. De minimumprijs voor groenestroomcertificaten uit zonne-energie zal in de Vlaamse context een dalend patroon volgen in de komende jaren. Het is de bedoeling van dit onderzoek om door middel van externe gegevens, bekomen uit het literatuuronderzoek, na te gaan wat het effect is van deze daling op de rendabiliteit van de investering.

1.1 Zonnestroom

Om de uitputting van fossiele brandstoffen en de schadelijke gevolgen van hun gebruik te temperen, wil de overheid het gebruik van alternatieve energiebronnen stimuleren. Ze doet dit door een scala aan subsidies toe te kennen die de investeringslast in groene energie drastisch verlagen waardoor de investering aantrekkelijk wordt. Groene stroom is elektriciteit opgewekt uit een bron van hernieuwbare energie; zonne-energie, windenergie, waterkracht, geothermie, biogas, etc. (VREG, 2010). Deze studie behandelt zonne-energie en groenestroomcertificaten als vorm van overheidssteun in Vlaanderen.

Om in aanmerking te komen voor groenestroomcertificaten moet de fotovoltaïsche installatie aangesloten zijn op het elektriciteitsnet. Zonnepanelen vangen lichtenergie op en zetten dit om in elektriciteit in de vorm van gelijkstroom. Dit wordt vervolgens door een omvormer omgezet in wisselstroom. De gedetailleerde werking van een zonnecel draagt niet bij tot het begrip tussen de wisselwerking van groenestroomcertificaten en de rendabiliteit van de investering. Er wordt bijgevolg niet over uitgeweid. Dit onderzoek richt zich op netgekoppelde PV-installaties voor particulieren met een maximaal AC vermogen van kleiner dan 10 kW (VREG, 2010). Voor installaties van deze grootte voorziet men ook een teruglopende kWh-teller zodanig dat de

producent de geproduceerde elektriciteit die niet verbruikt wordt kan verkopen aan het gangbare tarief. De particuliere producent kan echter netto geen elektriciteit verkopen wat inhoudt dat de kWh-teller kan terugdraaien, hoewel dit per tariefperiode niet meer kan zijn dan de verbruikte energie van de woning (VEA, 2010; VREG, 2010). Concreet betekent dit dat de meter aan het einde van het jaar hoogstens op nul kan eindigen en de overtollige hoeveelheid geproduceerde elektriciteit niet zal worden vergoed. Dit zal een rol spelen bij de dimensionering van de installatie zoals hieronder verder besproken wordt. De netbeheerder heeft de verplichting deze terugdraaiende kWh-teller kosteloos te plaatsen (VREG, 2010).

Het nominale elektrische vermogen van zonnepanelen wordt uitgedrukt in wattpiek of Wp (Harmon, 2000). Een paneel met een vermogen van 1 kWp of 1000 Wp levert in theorie een geproduceerd vermogen van 1000 Watt per m² bij een loodrechte lichtinstraling en een zonneceltemperatuur van 25°C en 1,5 AM; d.i. de "luchtmassa, een maat voor de lengte van de lichtweg door de atmosfeer" (Delaisse & Gillain, 2010). In de praktijk zijn de omstandigheden minder dan ideaal door o.a. bewolking, seizoenen, ligging of breedtegraad van de installatie, hellingshoek of oriëntatie van de installatie t.o.v. de zon, etc. De omstandigheden zijn nagenoeg nooit perfect, hierdoor ligt de geproduceerde elektriciteit veeleer lager dan het nominale vermogen. Een installatie van 1kWp produceert in België gemiddeld ongeveer 800 tot 850 kWh per kWp per jaar (ODE, 2007). Deze 850 kWh/kWp wordt empirisch vastgesteld en verschilt in feite per installatie. De exacte waarde hangt af van de hierboven vernoemde omgevingsfactoren.

In een folder van het ODE en VEA in 2007 wordt de efficiëntie van de panelen vastgelegd tussen de 50 en 170 kWh per m² per jaar afhankelijk van het type zonnecel dat gebruikt wordt, zijnde amorf silicium en monokristallijn silicium respectievelijk (ODE, 2007; ODE, 2010). De verschillende types van zonnecellen worden later nader bekeken. Volgens de Organisatie Duurzame Energie (2010) kan de huidige generatie polykristallijne zonnepanelen per vierkante meter ongeveer 110 kilowattuur wisselstroom per jaar produceren. In de toekomst kan dit verhogen tot 170 kWh per m² per jaar. Uit de voorgaande cijfers blijkt dat een installatie van 1 kWp in België iets minder dan 8 m² bedraagt, nl. $\frac{850 \text{ kWh/kWp per jaar}}{110 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} \text{ per jaar}} = 7,72727 \text{ m}^2$ per kWp (ODE, 2007).

Een gemiddeld gezin verbruikt om en bij de 3500 kWh per jaar, met een productie van 110 kWh per m² van de huidige generatie kristallijne zonnecellen zou dit een installatie van ongeveer 32 m² vereisen om volledig te voorzien aan deze vraag (ODE, 2010). Dit is eenvoudig te berekenen met behulp van de bovenvermelde cijfers: $\frac{3500 \text{ kWh per jaar}}{110 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} \text{ per jaar}} = 31,81818 \text{ m}^2$. Met een opbrengst van 170 kWh/m² per jaar, zoals ODE verwacht, zou een beschikbare oppervlakte van 21 m² volstaan, nl. $\frac{3500 \text{ kWh per jaar}}{170 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} \text{ per jaar}} = 20,588 \text{ m}^2$.

Het Internationaal Energie Agentschap (IEA, 2002) geeft een capaciteit van 18 m² en 6,5 m² beschikbare dakoppervlakte en geveloppervlakte respectievelijk voor Centraal West Europa. Dit komt neer op een totale beschikbare oppervlakte voor zonnepanelen van 24,5 m², wat voldoende zou zijn voor een productie van 170 kWh/m² op jaarbasis. Hierbij moeten wel rekening gehouden worden dat de beschikbare oppervlakte van 24,5 m² niet uitsluitend gezinswoningen bevat. In de studie van IEA (2002) zijn ook de industriële-, overheids- en overige gebouwen onder de noemer van beschikbare oppervlakte opgenomen. Aangezien dit onderzoek zich op de particuliere investeerder richt, wordt gerekend op een beschikbare oppervlakte van 12,5 m² voor privéwoningen (IEA, 2002). Met deze beschikbare oppervlakte van 12,5 m² laat de technologie ons toe om via een PV-installatie grotendeels te voorzien in de jaarlijkse gemiddelde energievraag van een gezin.

Van der Zwaan & Rabl (2003) beweren evenwel dat voor netgekoppelde PV-installaties het elektriciteitsverbruik binnen het gebouw dikwijls overeenkomt met de potentiële hoeveelheid geproduceerde elektriciteit dat het dakoppervlakte toelaat. Deze veronderstelling houdt rekening met het feit dat men niet mag dimensioneren om aan de piekvraag te voldoen. Indien de dimensie van de installatie groot genoeg zou zijn om in de donkere wintermaanden nog volledig aan de elektriciteitsvraag te kunnen beantwoorden, zouden de zonnepanelen in de zomermaanden grotendeels onbenut blijven. De opgewekte energie zou dan veel groter zijn dan de vraag naar elektriciteit binnen de woning. Zoals eerder vermeld kunnen particulieren netto geen elektriciteit verkopen. Het heeft dus geen nut om als particulier een installatie te voorzien die een groter vermogen heeft dan het eigen verbruik.

Voor particulieren is het tevens dikwijls het geval dat het beschikbare dakoppervlakte met een juiste oriëntatie en invalshoek de beperkende factor is. Verder zijn er financiële beperkingen die worden bepaald door de kosten van de installatie af te wegen tegen de opbrengsten. De installatiekosten van de zonnepanelen moet worden terugverdiend door de baten van de investering, bestaande uit de uitgespaarde elektriciteit die door de installatie wordt opgewekt en de verkochte groenestroomcertificaten. De elektriciteit die niet verbruikt wordt kan door middel van de terugdraaiende kWh-meter verkocht worden tegen het gangbare tarief, rekening houdend met het feit dat de teller niet onder nul kan eindigen aan het einde van de tariefperiode (VREG, 2010). De marktprijs van elektriciteit zal dus mee bepalen welke de ideale installatiegrootte blijkt te zijn. Dit heeft als gevolg dat de dimensionering van een PV-systeem bij privéwoningen de beschikbare oppervlakte of financiële beperkingen moet respecteren. In de meeste gevallen valt er voor de investeerder echter weinig te beslissen over de grootte van de installatie omdat de beschikbare oppervlakte die aan de vereisten voldoet doorgaans de beperkende variabele is. Hierbij is het voor de investeerder opportuun om de volledige beschikbare oppervlakte te benutten. Dit blijkt ook uit de bovenstaande bevindingen op basis van de gegevens aangereikt door IEA (2002) waarbij de beschikbare 12,5 m² heel wat minder is dan de benodigde 20,588 m² om aan de gemiddelde jaarvraag van 3500 kWh te voorzien.

Bij de netgekoppelde PV-systemen bestaan er opbouwsystemen, waarbij de zonnepanelen bovenop de bestaande gebouwschil worden geplaatst, en gebouwgeïntegreerde PV-systemen, waarbij de zonnepanelen zelf deel uitmaken van de gebouwschil en zo de functie van bouwelement vervullen (ODE, 2010).

Volgens Oliver & Jackson (2000) is een *Building integrated PV installation* economisch de betere keuze. Zij vergeleken een BiPV-systeem met een autonoom PV-systeem en een gemiddelde conventionele Europese elektriciteitsgenerator en concludeerden dat een BiPV-systeem minder kost dan een centraal PV-systeem. Als reden hiervoor geven ze aan dat een BiPV-systeem geen investering in grondgebied vereist alsook de balance of system (BOS) kosten zijn aanzienlijk minder voor een BiPV-systeem. De BOS-kosten zijn al de kosten verbonden met de installatie van het systeem, zonder de PV-cellen zelf (Harmon, 2000). Men heeft ook minder energieverlies vanwege transport van de elektriciteit en de zonnepanelen kunnen bescherming geven aan het gebouw, waardoor de kost van andere bouwmaterialen daalt. Voor bestaande gebouwen is het logisch dat de keuze uitgaat naar opbouw, voor nieuwbouw of renovaties aan daken is BiPV de betere keuze.

In de literatuur onderscheidt men 2 grote categorieën zonnecellen: *wafer-type* en *thin-film*. Bij wafer-type zonnecellen op basis van silicium hebben we een onderverdeling in polykristallijn en monokristallijn. Bij de thin-film techniek is amorfe silicium de meest voorkomende, hoewel ook andere materialen als cadmium- of koperdeeltjes gebruikt kunnen worden (Jackson & Oliver, 2000; van der Zwaan & Rabl, 2003). Bij thin-film PV-cellen worden de zonnecellen rechtstreeks op een dun substraat als glas, staal of plastic geplaatst. Tot op heden hebben de wafer-type cellen een hogere efficiëntie dan de thin-film. Gemiddeld hebben de wafer-type cellen een rendement van 12-15% en biedt de thin-film technologie een rendement van 6-11%. Dit efficiëntieverschil wordt verwacht te blijven bestaan in de toekomst, zelfs na efficiëntieverbeteringen in beide technologieën (van der Zwaan & Rabl, 2003). Voor de thin-film technologie wordt een plafond van 15% efficiëntie verondersteld (Szweda, 2003). Het productieproces van thin-film zonnecellen biedt echter een opmerkelijk kostenvoordeel. Dit kostenvoordeel leidt ertoe dat er steeds een afweging moet gemaakt worden tussen efficiëntie en kost. Een lange termijn visie geeft eerder de voorkeur aan de thin-film technologie, omdat het kostenvoordeel van thin-film op middellange tot lange termijn opweegt tegen het efficiëntieverschil (van der Zwaan & Rabl, 2003). Het marktaandeel in 1998 voor commerciële wafer-type zonnecellen bedroeg een 85% en de overige 15% was voor thin-film (amorf silicium) technologie (van der Zwaan & Rabl, 2003). In Europa bedroeg de productie van amorf silicium zonnecellen in 1996 reeds 25% van de totale productie (Oliver & Jackson, 2000).

De wafer-type zonnecellen noemt men ook wel de 1^{ste} generatie. Door de geleidelijke overgang naar thin-film zonnecellen, wordt deze thin-film techniek ook wel de 2^e generatie zonnepanelen genoemd. Er is echter ook sprake van een 3^e en zelfs 4^e generatie met een efficiëntie vanaf 30% (Szweda, 2003). Deze technologieën vinden momenteel hun toepassingen voornamelijk in de

ruimtevaart, maar banen zich een weg naar toepassingen binnen de atmosfeer. Het is echter niet duidelijk wat hun rol zal zijn voor toepassingen van netgekoppelde PV-systemen. Op basis van deze onzekerheid wordt in dit onderzoek enkel rekening gehouden met de 1^{ste} en 2^e generatie zonnepanelen. Volgens de literatuur zal in de toekomst meer gebruik gemaakt worden van de thin-film technologie, maar vanwege het grote marktaandeel dat de 1^{ste} generatie op heden heeft, wordt er in dit onderzoek gerekend met 1^{ste} generatie zonnecellen (zie Paragraaf 3.1.2).

1.2 Groenestroomcertificaten

De opzet van deze paragraaf is het in detail bespreken van het systeem van de groenestroomcertificaten. Een goed begrip van deze methodiek is noodzakelijk vooraleer de aanzet kan gegeven worden tot het onderzoeksontwerp.

Het systeem van groenestroomcertificaten is door de Vlaamse overheid ingevoerd sinds 1 januari 2002. Het systeem is opgemaakt als een tweeluik met enerzijds het bekomen van groenestroomcertificaten voor de producent en de certificatieverplichting voor energieleveranciers anderzijds (Elektriciteitsdecreet art. 21 t.e.m. 25, 17 juli 2000). Voor iedere schijf 1000 kWh opgewekte energie uit een hernieuwbare bron krijgt de producent een groenestroomcertificaat. Dit certificaat heeft steeds een minimumwaarde waaraan de producent het kan verkopen aan de netbeheerder en vormt de spil van dit onderzoek. De certificatieverplichting houdt in dat de leverancier jaarlijks een minimumhoeveelheid van de geleverde energie moet voorzien in de vorm van groene elektriciteit. De leverancier moet vóór 31 maart ieder jaar het vereist aantal groenestroomcertificaten voorleggen om aan te tonen dat zij aan het minimumquotum voldoet. De exacte hoeveelheid wordt bepaald door een percentage te nemen van de totale geleverde elektriciteit in het jaar voordien. Dit percentage wordt in het Elektriciteitsdecreet van 17 juli 2000 exact bepaald in art. 23 §2 en varieert van 0,8% voor 31 maart 2003 tot 13% voor 31 maart 2021. Door het stijgende percentage wordt er nogmaals herinnerd aan de groeiende belangstelling om aan de energievraag te voorzien met duurzame middelen. Indien de leverancier niet aan het quotum voldoet moet hij een boete betalen van 125€ per ontbrekend groenestroomcertificaat (VEA, 2010).

Daar het in deze studie enkel gaat over de groenestroomcertificaten uit zonne-energie, dient men zich ervan bewust te zijn dat een energieleverancier van verschillende hernieuwbare energiebronnen groenestroomcertificaten kan kopen. Uit onderstaande tabel blijkt dat zonne-energie in 2009 slechts een goede 5% uitmaakt van al de verhandelde groenestroomcertificaten. In 2010 zal dit percentage eerder naar de 10% evolueren (VREG, 2010). In de rij met totalen is het aantal uitgereikte groenestroomcertificaten sinds de ingang van het systeem in 2002 tot nu te zien. Hier is het contrast van het kleine aandeel zonne-energie zelfs nog groter.

Tabel 1: Aantal uitgekeerde groenestroomcertificaten per techniek (VREG, 2010)

| | zonne-energie | windenergie op land | waterkracht | biomassa uit land- of bosbouw | biomassa uit huishoudelijk afval | biomassa gesorteerd of selectief ingezameld afval | biogas - stortgas | biogas - RWZI | biogas - overig | Totaal |
|---------------|---------------|---------------------|-------------|-------------------------------|----------------------------------|---|-------------------|---------------|-----------------|------------|
| 2002 | 5 | 44.218 | 1.678 | 0 | 0 | 54.714 | 37.506 | 1.501 | 10.420 | 150.042 |
| 2006 | 1.356 | 237.749 | 2.079 | 395.506 | 180.492 | 424.240 | 81.887 | 3.472 | 101.581 | 1.428.362 |
| 2009 | 138.615 | 386.851 | 2.970 | 824.072 | 203.543 | 698.176 | 64.212 | 5.024 | 364.444 | 2.687.907 |
| TOTAAL | 234.755 | 1.698.257 | 19.860 | 2.590.206 | 1.012.268 | 2.898.278 | 560.362 | 27.123 | 1.260.662 | 10.301.771 |

Gedurende 20 jaar vanaf de indienstname van de PV-installatie is de netbeheerder verplicht om de certificaten van de producent over te kopen aan het vastgelegde minimumtarief. De tijdsperiode van 20 jaar is van toepassing voor indienstname van installaties van 2006 tot 2013. Vanaf 2013 zal minimumprijs gedurende 15 jaar gelden.

Groenestroomcertificaten kunnen ten alle tijden verhandeld worden op de energiemarkt, waarbij de prijs bepaald wordt door vraag en aanbod. Hierbij nemen leverancier en producent van groene elektriciteit contact op met elkaar als respectievelijke aan- en verkoper van groenestroomcertificaten. Een andere mogelijkheid bestaat erin de GSC te verkopen via het elektronisch beursplatform BelPex. Het Belgisch platform voor de verhandeling van groenestroomcertificaten (VREG, 2010). De producent kiest er bijgevolg best voor om zijn certificaten op de markt te verhandelen als de prijs daar hoger ligt dan de bepaalde minimumprijs.

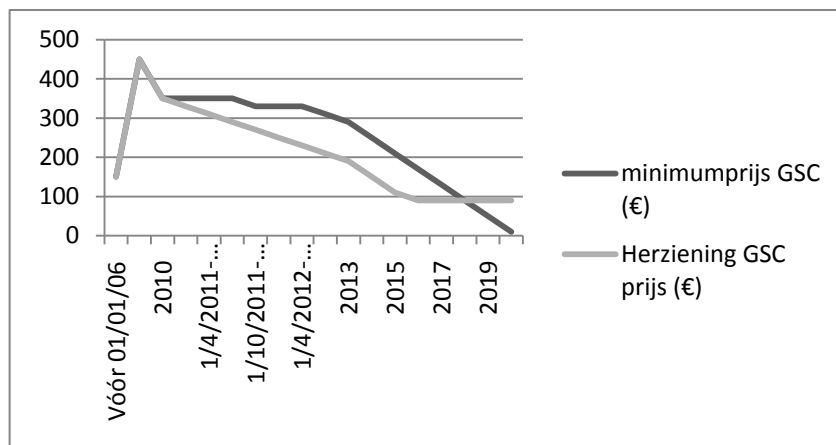
Voor zonne-energie is de prijs van de groenestroomcertificaten opvallend hoger dan voor andere hernieuwbare bronnen van energie. Voor 2006 bedroeg de prijs 150 EUR/MWh, tussen 2006 en 2009 lag de minimumprijs van de certificaten bijzonder hoog op 450 EUR/MWh. Hierdoor is het aantal uitgereikte groenestroomcertificaten tussen 2006 en 2009 toegenomen met meer dan een factor 100, zoals ook te zien is in Tabel 1. Vanaf 2010 zullen de minimumprijzen voor groenestroomcertificaten uit zonne-energie gestaag afnemen. Deze daling is in lijn met de verwachtingen dat de kostprijs voor de investering in groene energie zal afnemen vanwege verhoogde efficiëntie en de vaste kosten te verdelen zullen zijn over een groter afzetgebied. De overheid is erg gedreven om de minimumprijs van de groenestroomcertificaten te laten dalen. Ze argumenteren dat deze hoge overheidssteun het tarief van elektriciteit opdrijft, wat voor de doorsnee Vlaamse consument nadelig is. Deze meerkost is volgens BelPV, de sectorvereniging van fotovoltaïsche zonne-energie, echter verwaarloosbaar. BelPV geeft aan dat de meerkost voor 2009 zou neerkomen op 0,13 c€ per kWh wat volgens de cijfers die BelPV hanteert, gelijk is aan 0,8% van het totale tarief (BelPV, 2010).

In de onderstaande tabel worden de minimumprijzen van de groenestroomcertificaten voor zonnepanelen getoond zoals deze tijdens dit onderzoek van kracht zijn.

Tabel 2: Minimumprijs groenestroomcertificaten (VREG, 2010)

| Periode van indienstname | Minimumprijs GSC (€) |
|--------------------------|----------------------|
| Vóór 01/01/06 | 150 |
| 2006-2009 | 450 |
| 2010 | 350 |
| 2011 | 330 |
| 2012 | 310 |
| 2013 | 290 |
| 2014 | 250 |
| 2015 | 210 |
| 2016 | 170 |
| 2017 | 130 |
| 2018 | 90 |
| 2019 | 50 |
| 2020 | 10 |

De gedrevenheid om de minimumprijs van GSC te laten dalen komt nogmaals tot uiting in de geplande herziening van het dalingspatroon van de minimumprijs. Wanneer deze herziening in voege treedt, zullen voor 2011 en 2012 de GSC per kwartaal dalen met het gevolg dat de daling sneller dan voorheen wordt doorgevoerd. Hierbij wordt nog een verder onderscheid gemaakt tussen installaties met een piekvermogen tot 1 MW en deze met meer dan 1 MW. Voor deze studie zou de particuliere installatie overeenkomen met een piekvermogen kleiner dan 1 MW. Ter vergelijking worden hieronder beide patronen visueel voorgesteld in Figuur 1.



Figuur 1: Dalingspatroon minimumprijs groenestroomcertificaten

In het herziene scenario zullen de GSC in 2016 reeds 90 €/GSC bedragen, dit is 2 jaar vroeger dan voorheen. Dit betekent dat de prijs van fotovoltaïsche zonnepanelen dus ook 2 jaar sneller moet dalen tot op hetzelfde niveau. Dit is praktisch onwaarschijnlijk en legt bijgevolg een grote druk op de rendabiliteit van de investering. De impact van het veranderde dalingspatroon op de rendabiliteit van de investering wordt nagegaan in Hoofdstuk 6.

Hoofdstuk 2: Probleemstelling

De prijsdaling van de groenestroomcertificaten vormt het brandpunt in dit onderzoek. Tot 2010 maakte de groenestroomcertificaten een aanzienlijk deel uit van de baten van een investering in PV-cellen. Hierdoor werd een PV-installatie voor vele particulieren een interessante investering. Het doel is om na te gaan in welke mate de beleidsmaatregel voor de daling van de minimumprijs de aantrekkelijkheid van de investering beïnvloedt.

2.1 Centrale onderzoeksvraag:

Is in Vlaanderen de investering in fotonvoltaïsche cellen voor particulieren rendabel na de prijsverlaging in de groenestroomcertificaten vanaf 2010?

Groenestroomcertificaten worden toegekend per schijf van 1 MWh opgewekte groene elektriciteit, het surplus wordt overgeheveld naar de volgende maand. Zo wordt elke kilowattuur opgewekte groene energie uiteindelijk vergoed. Om onder de noemer groene elektriciteit te vallen, moet de elektriciteit opgewekt zijn met een door het VREG goedgekeurde productie-installatie op basis van een correct ingediend aanvraagdossier (VREG, 2010). Om hiervoor in aanmerking te komen moet men vanaf 2010 vooreerst over een voldoende dakisolatie beschikken (VEA, 2010). Indien men deze kosten nog moet aangaan zou dit te zeer doorwegen op de investeringskost van de zonnepanelen. We maken bijgevolg de veronderstelling dat de investering van een dakisolatie onder een andere noemer valt en dus niet opgenomen wordt in de kosten. Heel wat empirisch onderzoek toont ook aan dat een verbeterde dakisolatie een positieve return oplevert (VREG, 2010), waardoor de veronderstelling geen vertekend beeld oplevert voor dit onderzoek.

Om de rendabiliteit van het PV-systeem in kaart te brengen zal er worden nagegaan of een gemiddelde installatie nog een positieve Netto Contante Waarde behaalt na de gedaalde minimumprijzen voor GSC. De periode waarover de investeringsanalyse wordt uitgevoerd bedraagt een tijdsduur van 20 jaar, de aangenomen levensduur van een PV-systeem van de huidige generatie.

De baten van groene energie bevatten een economisch en ecologisch aspect. Het economische aspect slaat op de elektriciteit die de eigenaar van de PV-cellen niet of in mindere mate moet aankopen gedurende de levensduur van de PV-installatie. Men voorziet voor installaties met een AC vermogen van minder dan 10 kW ook een kWh-meter die achteruit loopt als de opgewekte hoeveelheid groene stroom hoger is dan de verbruikte hoeveelheid (VREG, 2010). Het ecologisch aspect houdt in dat de PV-cellen voor de productie van energie mogelijk minder uitstoot van

broeikasgassen, meerbepaald CO₂, teweegbrengen ten opzichte van conventionele energiebronnen. Hoewel in de beginfase van de PV-techniek de zonnecellen over hun levenscyclus netto geen CO₂ vermindering met zich meebrachten, is met de huidige stand van techniek reeds aangetoond dat er wel een voordeel is met PV-cellen ten opzichte van een conventionele energieleverancier (Oliver & Jackson, 2000).

Hoewel er in de literatuur onenigheid is over de huidige rendabiliteit van PV-cellen, stelt Awerbuch (2000) dat de rendabiliteit van iedere technologie afhangt van de gebruikte waarderingmethode. Hij stelt dat PV-cellen reeds rendabel kunnen zijn als we de juiste beoordelingmethode toepassen. Hij verwijst hierbij naar Pigou (1930) voor het opnemen van externe kosten. Deze externe kosten houden voor PV-cellen o.a. het vermijden van de uitstoot van CO₂ in die wel worden uitgestoten bij traditionele opwekking van elektriciteit met fossiele brandstoffen. Oliver & Jackson (2000) bevestigen dat de verminderingskosten voor CO₂ uitstoot voor hedendaagse PV-technologie reeds fors gedaald zijn vanwege de verworven schaalvoordelen. Dit betekent dat PV-cellen niet enkel CO₂ neutraal zijn, maar zelfs CO₂ uitstoot besparen ten opzichte van fossiele energie. Indien men deze sociale kosten van CO₂ uitstoot internaliseert, zijn PV-cellen met de huidige stand van technologie reeds rendabel (Awerbuch, 2000). Van der Zwaan & Rabl (2003) zijn niet zo optimistisch. Zij benadrukken ook het belang van het internaliseren van de externe kosten door een eventuele energietaks in te voeren. Deze energietaks zou de kosten van energie door middel van fossiele brandstoffen moeten verhogen door de schadelijke gevolgen voor mens en omgeving te incorporeren. Zelfs bij volledige incorporatie van externe kosten zouden zonnepanelen momenteel niet rendabel zijn volgens van der Zwaan & Rabl (2003), maar de internalisering is een belangrijke stap in de verhoging van de rendabiliteit van zonnepanelen. Zij zijn van mening dat de techniek pas tegen 2020 een interessante investering zal zijn bij het volgen van het huidige patroon van leereffect. Dit standpunt wordt gedeeld door Albrecht (2006) en Sanden (2004). Het effect van de leercurve wordt verder besproken in 2.2.2.

De vraag of PV-technologie op heden rendabel is, is volgens Awerbuch (2000) niet de kern van de zaak. Vanuit een maatschappelijk standpunt is het niet aan te raden ons volledig toe te leggen op één techniek. Dit houdt een hoger risico in dan een portfolio van technieken te onderhouden, dit noemt men de portfolio theorie. Als er door de overheid nu niet geïnvesteerd wordt in alternatieve methodes om energie op te wekken, kan dit in de toekomst leiden tot een patstelling als er zich problemen voordoen met de gekozen techniek. Het is dus belangrijk om als overheid een breed gamma aan energieleverende technieken op te nemen in het energiebeleid om zo het risico op problemen met de gekozen techniek te spreiden en dus in zijn geheel te verminderen. Vanuit dit perspectief wordt de rol van de overheid in het steunen van alternatieve energie benadrukt.

Ook Albrecht (2006) heeft het over dit portfolio effect en verwijst hiervoor naar het Capital Asset Pricing Model (CAPM), een veel gebruikte waarderingmethode binnen de wereld van financieel beheer. Bij het beleggen kan het risico ook verlaagd worden door beleggingen van verschillende

aard op te nemen in de portefeuille. CAPM houdt in dat men een portfolio relatief gaat beoordelen ten opzichte van een ander terwijl men rekening houdt met het risico van de beide portefeuilles. Voor energie daalt het risico van de portefeuille door een diversificatie van technieken op te nemen in het beleid.

In het licht van de portfolio theorie worden duurzame energiebronnen een interessante optie om op te nemen in een portefeuille om twee redenen. Op de eerste plaats zijn ze niet onderhevig aan de prijsvolatiliteit van fossiele brandstoffen. De kost van conventionele opwekking van elektriciteit wordt bepaald door het prijspeil van fossiele brandstoffen, bij een prijsstijging hiervan wordt grijze stroom duurder. Over de verwachtingen van de prijs van grijze stroom wordt meer gezegd bij de desbetreffende deelvraag (zie Paragraaf 2.2.3). Voor dit onderdeel van de tekst is het onbelangrijk wat de verwachting over de prijs van grijze stroom werkelijk is, voldoende is te benadrukken dat de prijs van grijze stroom onderhevig is aan fluctuaties. Dit verhoogt op zich het risico van conventionele energiebronnen. Duurzame energiebronnen hangen tijdens de levensduur niet af van het prijspeil van de input. Voor zonne-energie betekent dit dat de energie die de zon produceert niet moet betaald worden. Dit geeft alternatieve energie bijgevolg de eigenschap van risiconutraal te zijn, wat hen voor de overheid aantrekkelijk maakt om op te nemen in het energiebeleid.

Het tweede voordeel van alternatieve energie dat Albrecht (2006) aanhaalt binnen het relaas van de portfolio theorie is de afwezigheid van het risico dat men in de toekomst beperkingen verwacht rond de mogelijkheden van de techniek. Voor fossiele brandstoffen weet men dat er ooit een einde komt aan de voorraden, dit geeft in de toekomst beperkingen voor de technieken die steunen op fossiele brandstoffen. Voor duurzame energie veronderstelt men geen grenzen hieromtrent. Voor zonne-energie houdt dit in dat energie uit zonlicht beschikbaar blijft voor de mensheid tot het einde der dagen.

Bovendien hecht men tegenwoordig meer belang aan de milieu impact van energiebronnen. De hoeveelheid CO₂ uitstoot en andere schadelijke gevolgen van een techniek bepaalt de mate van de impact. Voor deze impact wordt ook een limiet bepaald voor het welzijn van mens en omgeving. De huidige rendabiliteit van PV-techniek is vanuit het perspectief van de portfolio theorie echter geen doorslaggevende factor. De keuze om alternatieve energiebronnen op te nemen in het portfolio is een beleidskeuze en is te verantwoorden met het CAPM (Albrecht, 2006; Awerbuch, 2000).

Onder de baten kan ook de verlaging van het EPC vallen. De verlaging van het Energie Prestatie Certificaat kan de waarde van de woning verhogen, hoewel dit in de literatuur nog niet is aangetoond. Het plaatsen van zonnepanelen draagt niet bij tot een verlaging van het EPC aangezien zonnepanelen niet de gebruikte hoeveelheid energie van de woning verlagen. Dit in tegenstelling tot een zonneboiler, verhoogde isolatie of andere energiebesparende maatregelen die het EPC wel verlagen (C. Swinnen, persoonlijke communicatie, 26 oktober, 2010).

Ook het kadastraal inkomen van de woning blijft onveranderd volgens het VEA (2010). Een verhogen van het KI zou aan de kostenkant van de investering opduiken aangezien dit de grondslag voor de personenbelasting kan verhogen.

De installatiekosten worden in mindering gebracht met de subsidies die momenteel van toepassing zijn, m.n. belastingvermindering van 40% op de installatiefactuur (Vlaamse overheid, 2010). Voor de exacte berekeningen van de kasstromen wordt verwezen naar Hoofdstuk 4: Scenario analyse.

2.2 Deelvragen

De deelvragen moeten de variabelen die een effect hebben op de uitkomst van de investering analyseren, ze hebben telkens betrekking tot de marktontwikkelingen die zich gedurende de tijdsduur van de analyse voordoen. In dit onderzoek zal door middel van verscheidene investeringsanalyses de invloed van de parameters worden nagegaan. De bedoeling is om het effect van de daling in minimumprijs van de groenestroomcertificaten in kaart te brengen. De marktsituatie per deelvraag houdt dus steeds rekening met de vooropgestelde daling van deze minimumprijs zoals in de probleemstelling (zie Paragraaf 1.2) werd weergegeven.

2.2.1 Prijs groenestroomcertificaten

Wat is de rol voor groenestroomcertificaten uit zonne-energie voor een gegeven marktsituatie in 2010 op de rendabiliteit van de investering? Wat zal de invloed zijn van de minimumprijs voor groenestroomcertificaten van 2010 tot en met 2020?

Is er een significant verschil tussen de gevonden breakeven prijzen en de vooropgestelde minimumprijzen voor de groenestroomcertificaten in de periodes vanaf 2010 t.e.m. 2020?

Wat is de rol van de evenwichtprijs op de markt voor groenestroomcertificaten op de rendabiliteit van de investering bij de daling van de minimumprijzen voor GSC?

Zoals vermeld in de probleemstelling kunnen groenestroomcertificaten steeds verhandeld worden op de energiemarkt. Dit biedt de mogelijkheid aan de producent om zijn certificaten te verkopen aan de prijs die hem het meeste oplevert, zijnde de minimumprijs of de marktprijs. De deelvragen van dit onderdeel dienen na te gaan in welke mate de minimumprijs van de GSC eventueel afwijken van de situatie zoals de markt toelaat. Hierbij kunnen de minimumprijzen zoals bepaald door het vooropgestelde dalingspatroon vergeleken worden met de breakeven waarde van de investering betreffende de GSC.

De invloed van de markt voor groenestroomcertificaten mag hierbij niet buiten beschouwing worden gelaten. Indien de minimumprijs onder de marktprijs zakt, opteert de producent er best voor om de GSC te verhandelen op de markt voor groenestroomcertificaten. Op basis van de statistieken aangereikt door het VREG kan geargumenteed worden of deze breakeven prijs voor de groenestroomcertificaten al dan niet realistisch is. Ook de periode waarin de particuliere producent verkiest om zijn groenestroomcertificaten te verhandelen op de vrije markt in plaats van te verkopen tegen de vooropgestelde minimumprijs zal een rol spelen in de rendabiliteit van de investering.

2.2.2 Kostendaling vanwege leereffect

Wat is de rol van de daling in aankoopprijs van een PV-installatie op de rendabiliteit van de investering?

Is het voor een particuliere investeerder in zonne-energie een goede keuze om de investering uit te stellen en zo te anticiperen op een toekomstige kostendaling?

De techniek van PV-cellen is meer dan veel andere technieken onderhevig aan technische verbetering (Oliver & Jackson, 2000). Als deze techniek verder ontwikkeld wordt en op grotere schaal wordt toegepast, kan dit via een leerproces hand in hand gaan met een kostendaling van de zonnepanelen. Over de mogelijkheden van een leercurve biedt de literatuur een stevige houvast.

De vooruitzichten zijn allemaal op basis van de huidige stand van PV-technieken. De mogelijkheid bestaat echter dat er in PV-technologie een doorbraak wordt gerealiseerd, waardoor de cellen eventueel veel efficiënter worden en/of een drastische kostendaling in het productieproces mogelijk wordt. Dit is een belangrijke factor om de investeringsintensiteit te bepalen. Bij een massale investering in huidige technologieën zou de komst van zo een *disruptive technology* verloren geld en inspanningen betekenen. In deze studie houden we enkel rekening met gestage verbeteringen in huidige stand van technologie. Zoals hierboven uiteengezet zijn dit wafer-type en thin-film zonnecellen, waarbij de focus in dit werk ligt op de kristallijne zonnepanelen, omdat deze veruit het grootste marktaandeel hebben in Vlaanderen (VEA, 2010). Deze veronderstelling levert geen vertekening op, aangezien een disruptive technology in de PV-cellen zou betekenen dat de efficiëntie aanzienlijk hoger, of de productiekost lager moet liggen dan deze van de gebruikelijke 1^{ste} en 2^{de} generatie zonnecellen. Dit houdt in dat de disruptive technology een efficiëntie zou bekomen die de huidige technieken zouden hebben na het doorlopen van het leerproces ten vroegste in 2020. Het kostennadeel zoals uiteengezet door van der Zwaan & Rabl (2003) en besproken in de probleemstelling zou overbrugd worden en de investering in zonnepanelen zou rendabel worden, ook zonder overheidssteun in de vorm van groenestroomcertificaten.

De literatuurstudie leert dat er bij PV-technologie zeker en vast sprake is van een leerproces. Oliver & Jackson (2000) geven zelfs aan dat de grootste kostendaling ten gevolge van de leercurve reeds heeft plaatsgevonden. Deze bevinding houdt in dat er in de toekomst niet kan gerekend worden op een drastische kostenverlaging. Van der Zwaan & Rabl (2003) zijn echter van mening dat PV-cellen pas na 2020 een interessante investering worden.

Een mogelijkheid om zonne-energie, en alternatieve energievormen in het algemeen, over de grote lijn toch aantrekkelijker te maken, is de externe kosten van omgevings- en gezondheidsschade nauwkeuriger te incorporeren (Albrecht, 2006; Awerbuch, 2000; van der Zwaan & Rabl, 2003). Awerbuch (2000) meent dat de zonnecellen bij de huidige stand van technologie een rendabele investering zijn bij een juiste waarderingmethode en internalisatie van externe kosten. Een andere studie van Albrecht (2006) duidt ook op het belang van deze internalisatie van externe kosten, maar is van mening dat dit het kostennadeel van huidige PV-technologie ten opzichte van conventionele bronnen niet volledig kan wegwerken.

Over de kostendaling vanwege leerprocessen is de mening merkbaar verschillend. Hoewel al de auteurs erkennen dat fotovoltaïsche technologie onderhevig is aan verbetering in technologie en dat er bovendien al heel wat vooruitgang geboekt is, blijft de toekomst nog wat koffiedik kijken. Het is dus belangrijk om de investering in alternatieve energie te blijven stimuleren om een verder verloop van de leercurve te bekomen. Verder is het niet vanzelfsprekend dat een kostendaling voor de producent direct tot een voordeel voor de eindgebruiker leidt. De producent kan de prijzen kunstmatig hoog houden en zo zijn winstmarge verhogen. De hoge prijzen van de groenestroomcertificaten stimuleren de producent ook niet om de prijs te verlagen. In dit opzicht kan de daling van de minimumprijs van de certificaten een gezonde stimulans zijn voor de producent om de prijs te laten zakken.

Een vraag die nog beantwoord moet worden is of het nuttig is om te anticiperen op een kostendaling voor een PV-installatie en de investering uit te stellen met 1 of 2 jaar, of dat de kostendaling niet opweegt tegen de prijsdaling van de certificaten. Dit vraagstuk bekeken vanuit maatschappelijk standpunt betekent dat een uitstel van investering geen goed alternatief is. Zelfs indien de huidige PV-techniek niet rendabel is, zijn investeringen in de techniek te verantwoorden. De kostendaling vanwege een leerproces kan enkel plaatsgrijpen indien er voldoende kapitaalinvestering is, wat enkel gebeurt in geval van voldoende vraag. Sanden (2004) vindt dat een cumulatieve productie van 382 GWp wereldwijd nodig is om rendabel te worden, terwijl de cumulatieve productie in 1998 nog maar 941 MWp bedroeg (Harmon, 2000). Toch is er al een ruime stijging waar te nemen in 2000 met een wereldwijde cumulatieve productie van 1,46 GWp (Sanden, 2004), dit is echter nog verre van voldoende. Dit betekent voor een jaarlijkse groeiratio van 30% dat de doelstelling tegen 2021 zou bereikt worden. Met een jaarlijkse groeiratio van 15% wordt de doelstelling pas na 2040 bereikt (Sanden, 2004). De Organisatie voor Duurzame Energie Vlaanderen (ODE, 2007) geeft aan dat het jaarlijks groeipercentage al een aantal jaren 35%

bedraagt. Bij het vergelijken van deze groeiratio met historische gegevens, is te zien dat de groeiratio gestegen is van 24% sinds 1976 tot 32% tussen 1998 en 2002. De extrapolatie van een groeiratio is echter niet zomaar valide. Dit kan worden aangetoond met de groeiratio van gas- en windturbines die op korte tijd zakte van 20% naar 5 tot 10% (Albrecht, 2006). Het verloop van de groeiratio is niet te voorspellen. Het blijft dus belangrijk de investering in PV-cellen aan te moedigen zodat de productiedoelstelling voor zonnepanelen, om rendabel te worden binnen aanneembare tijdsperiode, bereikt wordt.

Van der Zwaan & Rabl (2003) wijzen hiervoor op het belang van nichemarkten bvb. autonome zonnepanelenparken, waterpompen uitrusten met zonnepanelen, ... om langs de leercurve te schuiven en de nodige kostendaling te realiseren. Indien deze nichemarkten onvoldoende groot zijn om het kostennadeel van PV-elektriciteit te overbruggen is een beleid dat de investering in PV-panelen aanmoedigt de aangewezen oplossing. Op de eerste plaats is een goede internalisering van de externe kosten nodig, maar volgens van der Zwaan & Rabl (2003) is dit nog niet voldoende om het kostennadeel weg te werken.

In het licht van deze studie betekent dit dat de daling van de groenestroomcertificaten geen grote proporties mag aannemen voor 2020 om de investering in zonnepanelen aan te moedigen. Bij een technologie die op zichzelf niet rendabel is, kan men argumenteren dat de overheid de verantwoordelijkheid draagt om investeringen aan te sporen om de noodzakelijke groeiratio te behouden. In dit opzicht is overheidssteun te verantwoorden en kunnen groenestroomcertificaten de aangewezen methode zijn.

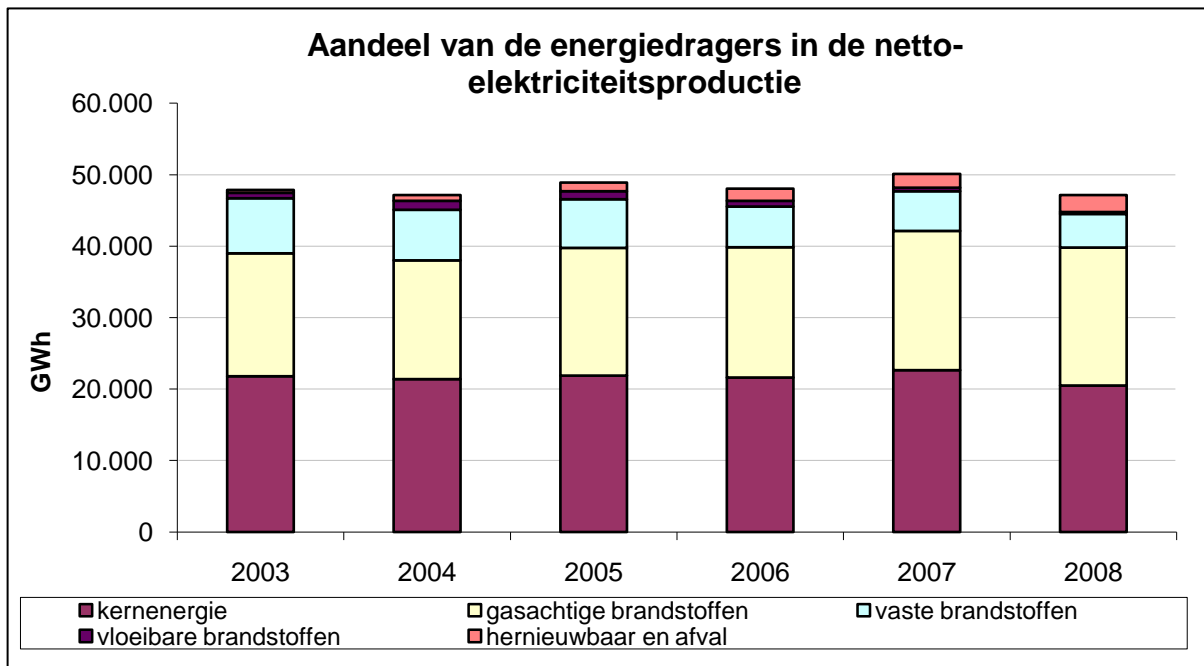
Er dringt zich een duidelijke afweging tussen het stimuleren van de technologie door middel van overheidssteun enerzijds, en het afbouwen van de steun om een daling in de prijs van PV-panelen te stimuleren anderzijds.

2.2.3 Prijsstijging elektriciteit

| |
|---|
| <p>Wat is de invloed van de marktprijs van elektriciteit op de rendabiliteit van zonnepanelen in de periode vanaf 2010 tot en met 2020?</p> |
|---|

In België wordt de opgewekte elektriciteit voornamelijk voorzien door kernsplijtstoffen. Ongeveer 55% van de geproduceerde energie in België is afkomstig van nucleaire centrales. Het aandeel fossiele brandstoffen bedraagt een kleine 40 procent, afhankelijk van de geraadpleegde bron (IEA, 2011; Nuclear forum, 2008; Synergrid, 2004). Voor Vlaanderen is het aandeel kernenergie van 2003 tot en met 2008 relatief stabiel gebleven rond 44% (SVR, 2010). Het aandeel fossiele brandstoffen gebruikt voor elektriciteitsproductie in Vlaanderen is daarentegen licht toegenomen van 36,0% in 2003 tot 40,9% in 2008. De cijfers voor Vlaanderen zijn overzichtelijk terug te

vinden in onderstaande figuur die gepubliceerd werd door de Studiedienst van de Vlaamse Regering (2010).



Figuur 2: Aandeel van de energiedragers in de netto-elektriciteitsproductie Vlaanderen (SVR, 2010)

België is echter voor een groot deel afhankelijk van import voor elektriciteit (Belmans & Van Roy, 2002; Indexamundi, 2011; SVR, 2009). Volgens het *World energy, technology and climate policy outlook 2030* rapport (Europese Commissie, 2003) zullen in hun referentiescenario tegen 2030 wereldwijd fossiele brandstoffen nog steeds de hoofdcomponent van het elektriciteitsportfolio uitmaken. Hierbij komt bovendien dat de Belgische wet een geleidelijke uitdoving voor kernenergie oplegt (FOD, 2010). Hierdoor bepalen de fossiele brandstofprijzen steeds meer de prijs van elektriciteit.

Het WETO 2030 rapport geeft verder aan dat de globale vraag naar energie per jaar 1,8% zal stijgen. Deze groei van de energievraag wordt beïnvloed door bevolkings- en economische groei (Europese Commissie, 2003). Dit zet een zware druk op de prijzen van fossiele energie. Naarmate de prijs van conventionele elektriciteit duurder wordt, zal een investering in alternatieve energie zich opdringen.

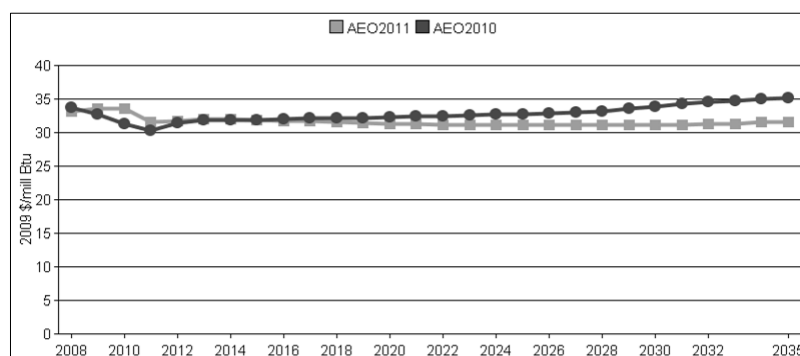
Ook al blijkt in het WETO 2030 (Europese Commissie, 2003) rapport dat PV-cellen tot 2030 niet competitief zijn, wordt geargumenteed dat een verschuiving naar alternatieve energie noodzakelijk is om op de lange termijn aan de energievraag te voldoen.

Bij het bespreken van de kernvraag (zie Paragraaf 2.1) is ook reeds verklaard dat de prijsvolatiliteit van fossiele brandstoffen het risico van deze techniek verhoogt binnen de portfolio theorie. Doordat de duurzame energie technieken tijdens hun levensduur niet afhankelijk zijn van een inputprijs boeken zij in dit opzicht een relatief voordeel ten opzichte van de klassieke energievoorzieningen.

Aangezien particuliere producenten van zonne-energie de aankoop van elektriciteit uitsparen, heeft een prijsstijging van elektriciteit een positieve invloed op de rendabiliteit van de investering. Investerings in groene energie zullen in het algemeen sneller rendabel worden bij stijging van de elektriciteitsprijs. Omwille van het steeds schaarser worden van fossiele brandstoffen, is deze veronderstelde prijsstijging plausibel. De onzekerheid richt zich echter op de snelheid en de grootte van de prijsstijging van grijze stroom. Deze deelvraag heeft de bedoeling na te gaan wat de invloed is van de prijsstijging van grijze stroom over de periode van 2010 tot 2020, rekening houdend met de verlaging in de minimumprijs voor groenestroomcertificaten over dezelfde periode.

Het voorspellen van de elektriciteitsprijs is geen triviale zaak. De prijs hangt af van tal van factoren, nl. *Kolen- en aardgasrijzen, CO2-prijzen en de mate waarin deze prijs doorwerkt in de elektriciteitsrijzen, Stijging van de vraag naar elektriciteit als gevolg van economische groei, Marktgedrag van producenten, Interconnectie capaciteit en ontwikkeling van elektriciteitsrijzen in het buitenland, Rol van WKK en grootschalige duurzame opwekking* (Seebregts, Scheepers & de Vries, 2004).

Verder geven verschillende bronnen andere resultaten weer en zelfs dezelfde auteurs behouden geen consistente voorspellingen doorheen de tijd. Dit gebrek aan eenduidigheid in de verwachtingen is terug te vinden in onderstaande figuur waar er eerst een stijgende trend vast te stellen is voor AEO2010 terwijl deze in AEO2011 herzien wordt naar een meer stagnerende lijn (EIA, 2010).



Figuur 3: Prijsstijging elektriciteit AEO2010 en AEO2011 (EIA, 2010)

Op basis van de trendlijn van het Annual Energy Outlook 2010 kan een jaarlijks groeipercentage afgeleid worden. In de grafiek is vast te stellen dat de prijs van 2011 met 5\$ per mill Btu gestegen is in 2035, uitgedrukt in US Dollar van 2009. Dit betekent een jaarlijkse prijsstijging van 0,49%.

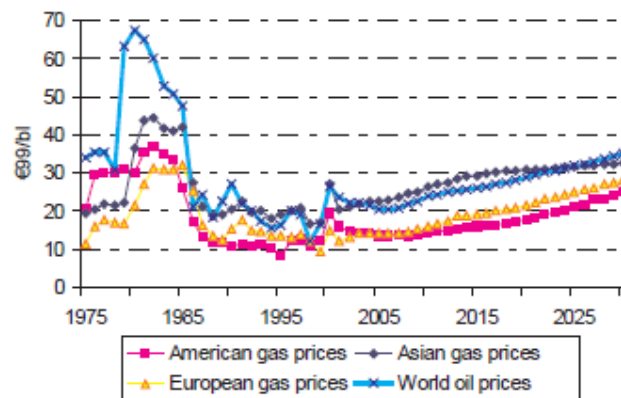
Voor de gegevens AEO2011 is er echter geen stijging op te merken en is er bijgevolg geen jaarlijkse groei of bedraagt het percentage 0% per jaar.

In het werk van Seebregts et al. (2004) baseert men de verwachtingen op basis van vier scenario's die andere groeiprofielen voor Europa veronderstellen. Voor elk van deze vier scenario's stellen zij een groeiprofiel op en geven zelf aan dat verschillen voor deze scenario's zich enkel voordoen na 2020. Op basis van het artikel van Seebregts et al. (2004) is er van 2005 tot 2020 een stijging van 10€/MWh vast te stellen. Dit komt overeen met een jaarlijkse stijging van 1,667%. Dit percentage lijkt echter onwaarschijnlijk hoog voor Vlaanderen.

Het CREG (2011) stelt vanaf 2008 ook een prijsstijging voor elektriciteit vast op de Vlaamse markt, zij vermelden echter dat dit voor klanten met een gemiddeld verbruik van 3500 kWh/jaar niet opmerkelijk veel is. Voor dit werk zal bijgevolg een conservatiever percentage gekozen worden voor de prijsstijging van elektriciteit.

Rekening houdend met de hierboven vermelde invloeden wordt met de nodige voorzichtigheid het percentage gekozen. Voor dit werk wordt het percentage van 0,49% per jaar als meest aanneembare waarde verondersteld. De besproken percentages zullen verder gevolg krijgen binnen de uitwerking van de scenario analyse, meerbepaald paragraaf 4.1.2.

In de literatuur (EIA, 2010, 2011; Europese Commissie, 2003; Seebregts et al, 2004) vertrekt men vaak van de schaarser wordende voorraden van fossiele brandstoffen om te argumenteren dat de prijs van elektriciteit in de toekomst zal stijgen. Deze verwachting is aan te nemen als de energieleveranciers met de eindige voorraden van fossiele brandstoffen rekening houden. Bovendien geven WETO (Europese Commissie, 2006) en EIA (2010) aan dat wereldwijd het overgrote deel van elektriciteitsproductie op heden nog steeds voorzien wordt door fossiele energie, met name voornamelijk door kolen. Deze uitspraak gaat echter niet op voor Vlaanderen, maar aangezien het aandeel geproduceerde elektriciteit afkomstig van fossiele brandstoffen volgens de Studiedienst van de Vlaamse Regering toch een aanzienlijke 40% bedraagt (SVR, 2010), kan het inzicht in deze energiemarkt toch nuttig zijn. Bovendien neemt de energievraag jaarlijks toe, waardoor de druk op de brandstofvoorraden verhoogt. Indien men niet voldoende alternatieve bronnen van energie kan aanwenden leidt dit in theorie onvermijdelijk tot hogere elektriciteitsprijzen.



Figuur 4: Trendlijn globale fossiele brandstofprijzen (WETO 2030, 2003)

Men moet echter rekening houden met tal van factoren die de energiemarkt beïnvloeden. Energieleveranciers brengen echter niet consequent de dalende voorraden in rekening vanwege competitieve druk en andere redenen (Seebregts et al., 2004). Het dieper ingaan op de werkwijze van de vrije energiemarkt (CREG, 2011) ligt niet binnen het bestek van deze thesis. Het volstaat hier erop te wijzen dat de elektriciteitsprijzen niet per definitie consistent stijgen in lijn met de prijzen van fossiele brandstoffen. Hoewel deze grotendeels in de elektriciteitsproductie voorzien. De prijzen van fossiele brandstoffen daarentegen volgen een constanter patroon in de literatuur. Zij volgen doorgaans een duidelijk stijgend patroon bij evolutie doorheen de tijd, zoals ook in bovenstaande figuur op te merken is.

Het blijkt dus duidelijk geen sinecure te zijn om de prijsstijging vast te pinnen op een bepaalde waarde. Voor dit onderzoek wordt er gebruik gemaakt van een theoretisch percentage in de veronderstelling dat de prijs van elektriciteit jaarlijks stijgt. Daar dit percentage in de verdere uitwerking wordt aangepast door middel van een scenario analyse (zie Hoofdstuk 4) en de gevoeligheid van de Netto Contante Waarde in relatie tot deze prijsstijging wordt getoetst door middel van een sensitiviteitsanalyse (zie Hoofdstuk 6), zal de keuze van het percentage geen onvoorwaardelijke doorslag hebben op de bevindingen.

Hoofdstuk 3: Onderzoeksopzet

In deze paragraaf wordt een overzicht geschetst van de werkwijze van het onderzoek. De volgorde van de benodigde stappen worden besproken waarbij er dieper wordt ingegaan op de gemaakte aannames. Ter afsluiting van deze paragraaf worden enkele belangrijke beperkingen van de gemaakte aannames aangehaald.

Voor het onderzoek worden drie verschillende investeringsanalyses gebruikt. In een eerste fase wordt een scenario analyse uitgevoerd, hierop volgt een breakeven analyse en om af te sluiten volgt een sensitiviteitsanalyse. Elk van deze methodes voor investeringsanalyse biedt resultaten die achteraf vergeleken kunnen worden. Indien de methodes vergelijkbare uitkomsten bekomen kan robuustheid van de bekomen resultaten beproefd worden. Zouden er contradicties voorkomen tussen de drie analyses kan dit wijzen op fouten in aannames of feiten die over het hoofd gezien zijn. Hieronder wordt eerst de werkwijze en de assumpties van de scenario analyse besproken. Daarop volgt een korte bespreking van de breakeven analyse en tot slot wordt de sensitiviteitsanalyse toegelicht.

3.1 Investeringsanalyses

Er zal voor ieder jaar waarin de minimumprijzen van de groenestroomcertificaten dalen, gaande van 2010 tot en met 2020, door middel van een kosten-baten benadering een Netto Contante Waarde berekend worden. Deze Netto Contante Waarden moeten beschouwd worden vanuit iedere investeringsperiode apart. De NCW van 2015, bijvoorbeeld, geeft weer wat de rendabiliteit zou zijn indien men in 2015 beslist om PV-panelen te plaatsen. Op deze manier kan de invloed van de dalende GSC duidelijk vastgesteld worden.

3.1.1 Scenario analyse

Een eerste onderdeel van de analyse bestaat uit een scenario analyse. Door middel van een kosten-batenanalyse zullen er drie scenario's ontwikkeld worden die de invloed van de marktfactoren op de rendabiliteit van de investering tonen.

Vanuit de literatuurstudie zijn er verschillende parameters vastgesteld voor de factoren die de winstgevendheid van de investering beïnvloeden. De parameterwaardes worden geacht constant te blijven doorheen de tijd (zie Paragraaf 3.1.2). De parameters die toch veranderen na verloop van tijd krijgen hun veranderlijk karakter aan de hand van een ontwikkelingspercentage.

Naast de evolutie van de minimumprijs van de groenestroomcertificaten zijn er twee variabelen te identificeren die tijdsafhankelijke eigenschappen weergeven. Een van deze tijdsveranderlijke

variabelen is de prijs van elektriciteit (zie Paragraaf 2.2.3). Deze prijs wordt verwacht te stijgen naarmate het schaarser worden van fossiele brandstoffen, zoals eerder besproken. Het groeipercentage van deze prijsstijging voor grijze stroom heeft een positieve invloed op de NCW van de investering in PV-panelen. Een tweede prominente variabele houdt de prijsdaling van zonnepanelen in (zie Paragraaf 2.2.2). De vorderende maturiteit van de techniek biedt de mogelijkheid om een verhoogde efficiëntie in de prijs tot uiting te laten komen. Een uitvoerige bespreking van deze twee variabelen volgt na de bespreking van de tijdsconstante parameters (zie Paragraaf 3.1.3).

3.1.2 Tijdsconstante variabelen

Een eerste variabele is de gemiddelde energievraag van een gezin per jaar. Enkele keren is 3400 kWh per jaar als energievraag opgegeven voor een gezin (Delaisse & Gillain, 2010). De geraadpleegde literatuur vermeldt ook eenmalig een verbruik van 4000 kWh voor een gezin op jaarbasis (ODE, 2007). Een lagere energievraag betekent dat de PV-installatie meer van de benodigde energie kan voorzien, bijgevolg moet het gezin minder grijze stroom aankopen wat de rendabiliteit van de installatie verhoogt. Om een NCW te kunnen berekenen voor een PV-installatie van een gemiddeld Vlaams gezin wordt deze parameterwaarde vastgelegd op 3500 kWh per gezin op jaarbasis. Deze waarde wordt in de literatuur (ODE, 2004, 2010; VEA, 2010) het meest vernoemd als aanvaardbare energievraag voor een gemiddeld gezin in België.

Een tweede parameter volgt uit het feit dat een zonnepaneel door allerlei omgevingsfactoren niet de volledige ingestraalde energie van de zon kan opvangen. Dit heeft als gevolg dat het effectief vermogen van zonnecellen verschilt van het nominaal vermogen dat theoretisch mogelijk is. Het effectieve vermogen samen met de beïnvloedende omgevingsfactoren werden reeds uiteengezet in het Onderzoeksonderwerp (zie Paragraaf 1.1). Doordat het theoretische vermogen niet haalbaar is zal de productie per kWp uiteindelijk lager liggen in de praktijk. In België schommelt deze waarde tussen de 750 en 850 kWh/kWp op jaarbasis (ODE, 2004, 2007, 2010). Voor deze analyse wordt 800 kWh/kWp/jaar als waarde gehanteerd.

De derde tijdsconstante variabele die de berekeningen voor de rendabiliteit beïnvloedt is de oppervlakte die beschikbaar is voor het plaatsen van de netgekoppelde PV-installatie. Deze beschikbare oppervlakte bepaalt de omvang van de installatie en wordt uitgedrukt in m². Om het optimale beschikbare oppervlakte te berekenen wordt rekening gehouden met omgevingsfactoren die installatiemogelijkheden beïnvloeden, zoals de hellingsgraad van het dak, de breedtegraad van de ligging van de woning, oriëntatie t.o.v. de zon, etc. Voor gezinswoningen in Centraal- en West-Europa geeft het International Energy Agency (2002) een beschikbare oppervlakte van 18 m² aan. Dit is volgens IEA het totaal beschikbare gemiddelde oppervlakte als ook overige niet bewoonde gebouwen worden opgenomen, zijnde industriële, overheids- en andere gebouwen. Voor deze

studie worden echter enkel de gezinswoningen in beschouwing genomen. De waarde van deze variabele wordt vastgelegd op 12,5 m², het gemiddelde beschikbare oppervlakte voor gezinswoningen zoals terug te vinden in het rapport van IEA (2002).

De vierde parameter is de efficiëntie van de zonnepanelen. Het gaat hier over de mate waarin het opgevangen zonlicht effectief kan worden omgezet in bruikbare energie. De efficiëntie wordt uitgedrukt als een percentage maar kan ook uitgedrukt worden als vermogen per vierkante meter in Wp/m². Met behulp van het theoretisch nominaal vermogen kan dit verder uitgelegd worden. De instralingsenergie van de zon bedraagt in België 1000 kWh/m² per jaar (ODE, 2004). Onder de theoretische omstandigheden dat deze lichtinval perfect kan opgevangen worden door de zonnepanelen zodat 1 kWp = 1m², zou dit betekenen dat met het percentage van efficiëntie rechtstreeks de productie per m² kon berekend worden. Het is inderdaad zo dat de efficiëntie nauw samenhangt met de productie per m². In de praktijk worden deze dan ook vaak onderling door elkaar vervangen. Hoewel de 2 niet van elkaar te scheiden zijn, zijn het in feite 2 verschillende parameters. Het is de efficiëntie van de zonnepanelen die de opbrengst per m² zal bepalen. Afhankelijk van de hoeveelheid opgevangen zonlicht door de zonnepanelen, bepaald door de omgevingsfactoren: hellingshoek, orientatie t.o.v. de zon, etc., zal het geproduceerde vermogen per geïnstalleerde m² verschillen, ook al hebben de panelen eenzelfde efficiëntiepercentage.

Met behulp van de tweede parameter, nl. het opgevangen zonlicht door de installatie uitgedrukt als de productie per kWp op jaarbasis, kan de link tussen beide beter aangetoond worden. Voor de productie per kWp nemen we de gehanteerde waarde van deze analyse, nl. 800 kWh/kWp per jaar. Als er wordt uitgegaan van 135 Wp per m² als efficiëntie, wordt een productie per m² op jaarbasis bekomen van $0,135 \text{ kWp/m}^2 * 800 \text{ kWh/kWp/jaar} = 108 \text{ kWh/m}^2$ per jaar. Zo bekomen we de energetische opbrengst over een gegeven oppervlakte, uitgedrukt in kWh per m² op jaarbasis.

De efficiëntie is een belangrijke schakel tussen de energievraag van het gezin en de oppervlakte die nodig is voor het plaatsen van zonnepanelen. Voor de parameterwaarde van efficiëntie biedt de literatuurstudie een stevige houvast. Zoals eerder vermeld is de efficiëntie afhankelijk van het type zonnecellen dat gebruikt wordt. Voor de amorf type zonnecellen wordt een asymptotische waarde van 15% efficiëntie aangenomen vanuit de literatuur (Szweda, 2003). Voor de wafer type is reeds een efficiëntie bereikt tussen de 12% en 15% (van der Zwaan & Rabl, 2003). Voor de berekeningen in deze analyse nemen we een waarde van 13,5% voor de efficiëntie van de zonnepanelen. Voor het gemak van de berekeningen is er ook de geproduceerde energie per vierkante meter opgenomen in de samenvattende tabel hieronder. Deze waarde kan eenvoudig berekend worden op bovenvermelde wijze.

De efficiëntie van de zonnepanelen wordt hier behandeld als tijdsconstante variabele. In principe is deze factor niet tijdsconstant omdat de efficiëntie van de panelen verandert naarmate de techniek evolueert na verloop van tijd. Dit werd reeds behandeld bij de bespreking van de deelvraag in

verband met het leereffect (zie Paragraaf 2.2.2). Deze deelvraag duidt de relatie aan tussen efficiëntie en de tijdsvariabele parameter van de kostprijs van de installatie. Deze parameters zijn onlosmakelijk verbonden aangezien een stijging in efficiëntie een daling in installatiekosten teweegbrengt omdat de investeerder minder PV-panelen nodig heeft om eenzelfde hoeveelheid energie op te wekken. Om de invloed op de NCW duidelijk kunnen vast te stellen is gekozen om de installatiekosten als tijdsvariërende parameter op te nemen. Dit wordt vervolgens besproken.

3.1.3 Tijdsafhankelijke variabelen

Deze parameters worden op gelijkaardige wijze als hierboven vastgesteld op een bepaalde waarde. Bijkomend wordt de tijdsafhankelijkheid van deze parameters tot uiting gebracht door een ontwikkelingspercentage te bepalen. De keuze van deze ontwikkelingspercentages verschillen per scenario, zijnde waarschijnlijk, optimistisch en pessimistisch. Voor de bespreking van de parameters wordt verwezen naar de deelvragen (zie Paragrafen 2.2.2 en 2.2.3). De keuze en argumentatie van de percentages wordt besproken in de scenario analyse (zie Paragraaf 4.1).

Een eerste tijdsafhankelijke variabele die een invloed heeft op de winstgevendheid is de installatiekost van PV-panelen, die wordt uitgedrukt in een prijs per geïnstalleerde kWp. Voor deze parameter biedt de literatuurstudie een waarde van 6000 EUR/kWp in 2007. Er wordt een daling verwacht van 5 of zelfs 10% per jaar. Conform met deze veronderstelling geeft ODE (2004, 2007) een kostprijs per kWp van 4000 tot 5000 EUR in 2010. Voor de scenario analyse vertrekken we vanuit een kostprijs van 5000 EUR in 2010.

De andere tijdsafhankelijke factor die voor ieder scenario een verschillende waarde krijgt is het stijgingspercentage van het tarief van elektriciteit. Dit percentage werd besproken in paragraaf 2.2.3, waarbij de prijsstijging in elektriciteit gezocht is terwijl men rekenschap hield met de inflatie. Er werd reeds uitgelegd dat een stijgende energieprijzen de rendabiliteit van de investering in PV-panelen ten goede komt. Hoe duurder de prijs van de grijze stroom, hoe voordeliger het wordt als men de aankoop hiervan kan vermijden of verminderen. Op basis van de huidige marktprijzen wordt de startwaarde voor grijze stroom vastgelegd op 17 c€ per kWh. De tarieven verschillen echter per leverancier en per type abonnement (Elektrabel, 2011; Nuon, 2011; VREG, 2010).

Een parameter die bovendien ook een invloed heeft op de Netto Contante Waarde is de minimumprijs van de groenestroomcertificaten. Aangezien het de bedoeling is om de invloed van deze waarde op de winstgevendheid te schetsen zal voor iedere waarde van deze variabele, vanaf 2010 tot en met 2020 (zie Paragraaf 1.2), een NCW berekend worden. Dit biedt de mogelijkheid om na te gaan waar de NCW eventueel overgaat van een positieve naar een negatieve waarde. Op deze manier wordt de invloed van de waarde van de GSC op de winstgevendheid van de investering in zonnepanelen gecontroleerd.

Om het overzicht te behouden zijn de parameterwaarden hieronder opgenomen in een samenvattende tabel.

Tabel 3: Parameterwaardes

| Parameter | Waarde | Eenheid |
|------------------------------|---------------|---------------------------|
| Gemiddelde energievraag | 3500 | kWh/jr |
| Opbrengst/kWp/jr | 800 | kWh/kWp per jr |
| Beschikbare oppervlakte | 12,5 | m ² |
| Efficiëntie | 135 | Wp/m ² |
| Productie per m ² | 108 | kWh/m ² per jr |
| Gemiddelde kost per kWp | 5000 | €/kWp |
| Tarief grijze stroom | 17 | c€/kWh |

3.1.4 Breakeven analyse

Voor de breakeven analyse wordt uitgegaan van dezelfde parameterwaardes als hierboven aangegeven voor de scenario analyse. Voor de tijdsafhankelijke variabelen wordt een breakeven waarde gezocht voor de groeipercentages. Ook voor de groenestroomcertificaten wordt per investeringsperiode gezocht naar de breakeven minimumprijs. Hierbij is steeds slechts één variabele veranderlijk. Bijgevolg zijn er drie aparte onderdelen in de breakeven analyse, een waarbij er gezocht wordt naar het breakeven percentage van de prijsstijging voor elektriciteit, vervolgens een onderdeel waar het breakeven kostendalingpercentage van de installatie wordt achterhaald en tot slot de breakeven minimumprijs voor groenestroomcertificaten. Terwijl er telkens één variabele veranderlijk is, wordt de waarde van de andere variabelen bepaald aan de hand van de cijfers die gebruikt werden in het waarschijnlijke scenario.

3.1.5 Sensitiviteitsanalyse

In de sensitiviteitsanalyse worden de parameters onderzocht op de invloed die ze uitoefenen op de NCW. Dit deel van de investeringsanalyse dient een indruk te geven over de individuele bijdrage van de parameters die de marktontwikkelingen simuleren. Weten welke variabele het meest van de variantie van de NCW verklaart, kan veel bijdragen tot de beste beleidskeuze. Voor deze analyse worden als basis parameterwaardes weer deze van het waarschijnlijk scenario genomen.

3.2 Herziening van de groenestroomcertificaten minimumprijzen

In de literatuurstudie werd reeds kort vermeld dat de overheid plannen heeft om de groenestroomcertificaten afkomstig uit zonne-energie in minder hoge mate te vergoeden. Ze heeft hiervoor een ander dalingspatroon voorgesteld in een wijziging tot het Energiedecreet van 8 mei 2009 (Vlaams parlement, 2011). Dit patroon moet op heden nog goedgekeurd worden, maar het ontwerp ervan staat al vast. Het is interessant om het effect van deze herziening na te gaan. In het nieuwe dalingspatroon zullen minimumprijzen voor GSC aan een versneld tempo dalen, maar zal de minimumprijs niet zakken onder 90€ per certificaat. Dit betekent een heel andere situatie waaronder de NCW zal bekomen worden.

Voor dit onderdeel zal er enkel een sensitiviteitsanalyse worden uitgevoerd. Aangezien er voor de sensitiviteitsanalyse ook een Netto Contante Waardeprofiel wordt opgesteld kunnen de belangrijkste conclusies voor het herziene patroon hieruit worden afgeleid. De simulaties van de sensitiviteitsanalyse bieden het voordeel dat de bijdrage aan de variantie van de NCW kan worden nagegaan voor de groeipercentages van de tijdsafhankelijke variabelen.

3.3 Alternatieve investering

Voor zowel het huidige als het mogelijk toekomstige dalingspatroon wordt nagegaan wat het effect is van het uitstellen van de investering in 2010. Aangezien deze som geld kan uitgezet worden of geïnvesteerd in een andere belegging heeft dit een effect op de keuze van het jaar waarin de investering gedaan wordt. Het kan immers zijn dat de marktontwikkelingen die een positief effect hebben op de rendabiliteit in latere periodes compenseren voor het verlies aan inkomsten vanwege de groenestroomcertificaten. In dit onderdeel zal aan de hand van een kosten-batenanalyse de interesten op de uitgespaarde investering worden opgenomen als mogelijke baat voor een investering in een later jaar.

Hoofdstuk 4: Scenario analyse

4.1 Parameterwaardes

Voor de scenario analyse worden de parameterwaardes gehanteerd zoals besproken in Hoofdstuk 3. Voor de tijdsafhankelijke variabelen wordt in deze paragraaf een jaarlijks groeipercentage vastgesteld voor ieder van de drie scenario's. Het zijn deze percentages die de invloed van de marktontwikkelingen per scenario doen verschillen. Voor het waarschijnlijk scenario zijn waarden gehanteerd die volgens de literatuur de grootste kans hebben om werkelijkheid te worden. In het optimistische scenario zijn de ontwikkelingspercentages gekozen vanuit meer opportunistische verwachtingen. Het pessimistische scenario hanteert dan weer conservatieve ontwikkelingspercentages voor de installatiekost van de zonnepanelen en de prijsstijging van elektriciteit. In de onderstaande tabel zijn de reeds beschreven parameters wederom voorgesteld, nu met de bijbehorende percentages per scenario. Hieronder zullen de keuzes voor de groeipercentages worden verantwoord.

Tabel 4: Parameterwaardes Scenario analyse

| Parameter | Waarde | Eenheid |
|------------------------------|---------------|---------------------------|
| Gemiddelde | 3500 | kWh/jr |
| Opbrengst/kWp/jr | 800 | kWh/kWp per |
| Beschikbare oppervlakte | 12,5 | m ² |
| Efficiëntie | 135 | Wp/m ² |
| Productie per m ² | 108 | kWh/m ² per jr |
| Gemiddelde kost/kWp | 5000 | €/kWp |
| Waarschijnlijk | -6 | %/jaar |
| Optimistisch | -10 | %/jaar |
| Pessimistisch | -2 | %/jaar |
| Tarief grijze stroom | 17 | c€/kWh |
| Waarschijnlijk | 0,50 | %/jaar |
| Optimistisch | 1,00 | %/jaar |
| Pessimistisch | 0,00 | %/jaar |

4.1.1 Kostendaling installatie

Voor deze variabele worden er voor de drie scenario's percentages vastgesteld waarmee de installatiekost per jaar zal dalen. Deze drie waarden bepalen de NCW voor een pessimistisch, een optimistische en een meest waarschijnlijk scenario. Vanuit de literatuur (VEA, 2010) werd een bovengrens vastgesteld van 10% op jaarbasis. Door het overgrote deel van de literatuur (ODE, 2004, 2010; VEA, 2010) wordt er rekening gehouden met een jaarlijkse daling van de kostprijs van 5%. Aangezien er zelfs in slechte tijden een kostendaling verwacht mag worden, wordt het

percentage voor de kostendaling in het pessimistische vastgelegd op 2%. Het dalingspercentage voor het waarschijnlijke scenario wordt bepaald door de mediaan van het verschil tussen de boven- en benedengrens, nl. 6% kostendaling per jaar. Op deze manier zal noch het pessimistische noch het optimistische scenario zwaarder doorwegen op de resultaten, waardoor vergelijkingen tussen de twee geen vertekening bevatten.

4.1.2 *Prijsstijging elektriciteit*

De prijsstijgingspercentages zoals afgeleid in de literatuurstudie (zie Paragraaf 2.2.3) biedt als meest aanneembare waarde 0,49% per jaar. Voor de duidelijkheid van de berekeningen wordt dit percentage licht naar boven afgerond op een jaarlijkse 0,50%. Voor het optimistische scenario wordt naar analogie met de redenering van de kostendaling het percentage vastgelegd op 1% en dit voor het pessimistische op 0% per jaar. Op deze manier weegt noch het pessimistisch noch het optimistisch scenario zwaarder door op de analyse. De benedengrens van 0% is bovendien reeds verantwoord vanuit de literatuurstudie (zie Paragraaf 2.2.3) waar een toekomstperspectief voorkwam waarin de elektriciteitsprijzen niet stijgen.

4.2 **Modelbespreking**

4.2.1 *Berekening Netto Contante Waarde en Assumpties*

Voor ieder scenario zal een Netto Contante Waarde berekend worden per periode van indienstneming van de installatie. Deze NCW geeft de rendabiliteit van de investering weer, rekening houdend met de tijdswaarde van het geld. De basisformule voor het berekenen de NCW van een investering ziet er als volgt uit:

$$NCW_p = \sum_{i=0}^t \frac{KS_i}{(1+r)^i} \quad \text{met } t=20; r=0,05$$

Voor iedere periode p waarover de groenestroomcertificaten dalen, wordt een bijbehorende NCW berekend. Vanaf 2010 tot en met 2020 worden er bijgevolg 11 Netto Contante Waardes berekend. Met deze formule nemen we de som van al de kasstromen (KS) en verdisconteren we deze met de discontovoet op basis van het tijdstip i .

We nemen $t=20$ omdat dit het tijds kader is waarin de producent van groene energie zijn groenestroomcertificaten tegen de minimumprijs kan verkopen aan de netbeheerder. Twintig jaar is ook de aan te nemen levensduur van een PV-installatie. Dit wordt bevestigd door de opbrengstgarantie van twintig tot vijftwintig jaar die installateurs verschaffen. Deze *discontovoet* wordt gebaseerd op een marktrente van 5%. Deze rentevoet is nodig om de tijdswaarde van het

geld in rekening te brengen, immers een cashflow in de toekomst is door o.a. inflatie minder waard dan een cashflow op heden. Op basis van huidige rentevoeten wordt het discontovoet bepaald op 5% ($r=0,05$). Dit percentage werd gekozen op basis van de rentevoet voor overheidsobligaties. De nodige informatie werd gevonden op de website van testaankoop en de grote banken in België (Spaargids, 2011; Testaankoop, 2011). De hoogste rentevoeten bedragen zelfs nog minder dan 5%. Ook van der Zwaan en Rabl (2003) nemen in hun berekeningen voor de Present Value een discontovoet van 5%. Aangezien we op heden in het kielzog van de crisis van 2008-2009 varen, lijkt een discontovoet 5% dus een aanvaardbare keuze.

De eerste kasstroom van de NCW zal de investeringskost zijn, deze uitgave vindt plaats in periode 0 van de investeringsanalyse. Deze negatieve kasstroom bestaat uit de marktprijs van de zonnepanelen, de BOS-kosten en de installatiekosten. Deze investeringskost kunnen we verlagen door de belastingvermindering op de installatiekost toegekend door de federale overheid. Deze belastingvermindering bedraagt 40% van de factuur met een maximum van 3600 EUR voor het eerste jaar. Dit maximum geldt voor 2010, in 2011 bedraagt het geïndexeerde maximumbedrag 3680 EUR voor fotovoltaïsche panelen (VEA, 2011).

Als het totale bedrag voor de belastingvermindering groter is dan deze 3600 EUR, kan het saldo overgeheveld worden naar de volgende 3 jaar. Een voorwaarde voor deze overdraagbaarheid is dat de woning in kwestie ouder is dan 5 jaar (Vlaamse overheid, 2010). Het Vlaams energie agentschap verschaft een lijst van voorwaarden om in aanmerking te komen voor de fiscale steunmaatregelen (VEA, 2010). De lijst is hieronder integraal overgenomen voor de goede orde en het gemak van de lezer:

- *de fotovoltaïsche panelen moeten geplaatst worden door een geregistreerde aannemer;*
- *de geregistreerde aannemer bevestigt dat:*
- *de kenmerken van de modules beantwoorden aan de volgende vereisten:*
- *voor kristallijne modules wordt norm IEC 61215 vereist, alsook een minimum rendement van 12%;*
- *voor de dunne-filmmodules wordt de norm IEC 61646 vereist, alsook een minimum rendement van 7%;*
- *het minimum rendement voor de omvormers hoger ligt dan 88% voor de autonome systemen en 91% voor de netgekoppelde systemen;*
- *de oriëntatie van de panelen tussen het oosten en het westen ligt via het zuiden en dat de hellingshoek van de vaste panelen tussen 0 en 70° ten opzichte van de horizon ligt.*

Voor deze analyse nemen we aan dat de installatie aan de nodige voorwaarden voldoet om voor de fiscale steun in aanmerking te komen.

De gehanteerde prijs per kWp van 5000 EUR is echter exclusief BTW en moet bijgevolg verhoogd worden met het BTW-tarief. Dit tarief verschilt naargelang de ouderdom van de woning. Het normale tarief bedraagt 21%, maar de overheid voorziet een voordelig tarief van 6% voor een woning ouder dan 5 jaar. In 2011 zal de minimumleeftijd van het gebouw opgetrokken worden naar woningen ouder dan 15 jaar (VEA, 2010). Om de toepasbaarheid van de resultaten te garanderen wordt een conservatieve zienswijze gehanteerd, bijgevolg wordt het 21% BTW tarief gehanteerd voor de analyse.

Verder is er per gemeente een premie beschikbaar die de investeringskost verder omlaag kan helpen. Deze premie is voor elke gemeente verschillend. Voor Hasselt of Diepenbeek is er geen premie beschikbaar. Voor Lommel bedraagt de premie 10% van de investering met een maximum van 400 EUR. Voor Houhtalen-Helchteren bedraagt de premie 500 EUR (VEA, 2010). Zoals te zien is de premie erg verschillend, zelfs binnen een beperkt geografisch gebied. Vanwege de grote verscheidenheid van deze premies lijkt het voorzichtiger om ze niet op te nemen in de berekeningen voor de vermindering van de investeringskost. Door deze premie niet op te nemen zijn de resultaten van dit werk breder toepasbaar met de bedoeling de externe validiteit te verhogen.

De groenestroomcertificaten vallen onder de positieve kasstromen en worden uitgekeerd door de Vlaamse overheid. Bij elke MW opgewekte groene stroom kan de producent dit certificaat verkopen aan de minimumprijs of een marktprijs. Een gedetailleerde uiteenzetting van deze methodiek is terug te vinden in 1.2 Groenestroomcertificaten.

De positieve kasstromen bestaan verder uit de grijze stroom die niet moet aangekocht worden. Zoals hierboven vermeld worden deze aangenomen op jaarbasis te stijgen tegen een vast percentage.

Een natuurlijk persoon die een lening aangaat tussen 1 januari 2009 en 31 december 2011 voor energiebesparende uitgaven kan een beroep doen op de groene lening van de federale overheid. De overheid heeft een limitatieve lijst opgesteld voor de investeringen die hiervoor in aanmerking komen. Voor zowel nieuwbouw als renovatie komt een investering in zonnepanelen voor de groene lening in aanmerking. Hierbij neemt de overheid 1,5% van de rente ten laste en voor het overige gedeelte van de intrestlast kan de investeerder 40% opnemen voor een belastingvermindering. Consumentenkredieten en hypothecaire leningen komen voor de groene lening in aanmerking als het geleende bedrag niet kleiner is dan 1250 EUR en niet hoger is dan 15000 EUR (VEA,2010). Deze groene lening heeft in feite een positieve invloed op de inkomende kasstromen aangezien men minder uitgaven moet doen voor de afbetaling ervan in vergelijking met een gewone lening. Indien de investeerder moet lenen en bijgevolg intrest betalen, heeft dit echter steeds een negatieve invloed op de kasstromen, ook al neemt de overheid een deel van de intrestlast voor haar rekening. Omdat dit een extra gewicht legt op de rendabiliteit en vanwege de restricties die

de overheid oplegt om in aanmerking te komen voor deze groene lening zal niet iedereen beroep kunnen of willen doen op de groene lening. Aangezien het de bedoeling is een beeld te vormen dat voor de meeste investeerders relevant is, zal er in de analyse abstractie gemaakt worden van deze groene lening.

4.2.2 *Waarschijnlijk Scenario*

In deze paragraaf wordt in detail de werkwijze uitgelegd voor het bekomen van de kasstromen. Om het overzicht te behouden wordt enkel de NCW van 2010 toegelicht, de NCW van de overige jaren waarin de minimumprijs van de groenestroomcertificaten verandert, is volledig analoog te berekenen. In de eerste periodes van de investeringsanalyse zijn er meer berekeningen doordat de investeringskost en de bijkomende belastingvermindering hier plaatsvinden. Voor de gehele kasstromentabel wordt de lezer verwezen naar Bijlage 1.

Voor de volgende berekeningen zijn symbolen gehanteerd om de parameters weer te geven in de gebruikte formules, hieronder zijn de symbolen, hun bijbehorende betekenis en waarde te samengevat.

| | | |
|----|---|----------------------------------|
| A= | kostprijs per kWp exclusief 21% BTW | = 5000 €/kWp |
| B= | jaarlijks dalingspercentage installatiekost | = 6 %/jaar |
| C= | kengetal investeringsperiode p | = 0 voor 2010 (1 voor 2011 etc.) |
| D= | beschikbare oppervlakte | = 12,5 m ² |
| E= | elektriciteitsproductie per m ² per jaar | = 108 kWh/m ² |
| F= | opbrengst per kWp per jaar | = 800 kWh/kWp/jaar |
| G= | BTW-tarief | = 21% |
| H= | bruto investeringskost | = 10209,375 € |
| I= | elektriciteitstarief | = 17 c€/kWh |
| J= | jaarlijks stijgingspercentage elektriciteitsprijs | = 0,50 %/jaar |
| K= | kengetal periode i | = 1,2,...,20 |

Om de NCW van het waarschijnlijke scenario te berekenen is de investeringskost nodig. In de spreadsheet wordt hiervoor de volgende formule ontworpen:

$$"=(A/(1+B)^(C))*((D*E)/F)*(1+G)"$$

$$"= (5000/(1,06)^0)*((12,5*108)/800)*(1,21)"$$

$$"= H"$$

A is de netto investeringskost van 5000 €/kWp voor het waarschijnlijke scenario. De noemer 1+B brengt de kostendaling voor de installatie van 6% per jaar in rekening. Voor de investeringsperiode 2010 heeft er nog geen daling in de installatiekost plaatsgevonden, zodoende krijgt C de waarde nul. De berekende prijs is uitgedrukt in kWp, dus moet de

hoeveelheid geïnstalleerde vermogen gezocht worden. Een manier hiervoor is de geïnstalleerde oppervlakte, 12,5 m², te vermenigvuldigen met de gemiddelde productie van 108 kWh per m². Door dit product te delen door de gemiddelde opbrengst per kWp, 800 kWh/kWp, wordt het geïnstalleerd vermogen bekomen: 1,6875 kWp.

Aangezien de 5000 €/kWp exclusief BTW is, moeten dit er nog bijgevoegd worden. Dit komt in de formule tot uiting door 1+G. Als prijs inclusief 21% BTW bekomen we dan 10209,375€. Het is dit bedrag dat in aanmerking komt voor de belastingvermindering van 40%.

Een opmerking valt te maken bij de geproduceerde hoeveelheid elektriciteit. Deze bedraagt 1350 kWh per jaar en moet lager liggen dan het verbruik per tariefperiode om vergoed te kunnen worden voor de geproduceerde elektriciteit via de terugdraaiende kWh-teller. De geproduceerde hoeveelheid overschrijdt het gemiddeld aangenomen verbruik van 3500 kWh op jaarbasis niet. Dit betekent dat iedere opgewekte kWh per tariefperiode wordt vergoed tegen het gangbare tarief door middel van de terugdraaiende kWh-teller.

Om het bedrag van de belastingsvermindering te berekenen hoeven we geen rekening te houden met andere subsidies of premies (VEA, 2010). Het bedrag dat in mindering kan worden gebracht bij de belastingen wordt dus op basis van het volledige investeringsbedrag berekend. In het model wordt de belastingvermindering door volgende formule in rekening gebracht:

$$"=ALS(0,4*H>3600;3600;0,4*H)"$$

$$"=ALS(0,4*10209,375>3600;3600;0,4*10209,375)"$$

Voor dit scenario betekent dat 10209,375€*0,4=4083,75€. Dit is meer dan de 3600€ die maximum in het eerste jaar mag afgetrokken worden. Door middel van de formule wordt enkel het jaarlijks maximumbedrag per periode in de investeringsanalyse opgenomen. De netto investeringskost bedraagt dan 10209,375€-3600€=6609,375€. Dit is de eerste kasstroom voor het berekenen van de NCW. In de volgende periode kan de rest van de belastingvermindering worden ingebracht, nl.: 4083,75€-3600€= 483,75€.

De overige kasstromen zullen afhangen van het lopende tarief voor elektriciteit en de minimumprijs van de groenestroomcertificaten. De geproduceerde hoeveelheid elektriciteit bedraagt ieder jaar dezelfde gemiddelde waarde. Door de gegeven installatie wordt jaarlijks 1350 kWh geproduceerd. Het tarief van elektriciteit wordt vermenigvuldigd met de jaarlijkse productie, zo bekomen we de vermeden kost voor grijze stroom. Dit bedrag dient jaarlijks vermenigvuldigd te worden met de verwachte prijsstijging voor elektriciteit. Voor het model wordt de onderstaande formule gebruikt:

$$"=(D*E)*(I/100)*((1+J)^(C+K))"$$

$$"=12,5*108*0,17*1,0050^{(0+1)}"$$

Met D*E wordt de gemiddelde elektriciteitsproductie van 1350 kWh per jaar berekend. Dit wordt vermenigvuldigd met het elektriciteitstarief, I/100, terwijl dit bedrag verhoogd wordt door middel van het prijsstijgingspercentage, 1+J. Aangezien dit percentage op jaarbasis wordt doorgerekend, wordt het tot een bepaalde macht verheven: C+K. Voor 2010 heeft er zich nog geen prijsstijging voorgedaan in het begin van de investering. Voor de investeringsperiode wordt verwezen naar C dat voor 2010 de waarde 0 meekrijgt. Voor 2011 zal de waarde van C 1 bedragen, voor 2012 is C gelijk aan 2 enzovoort. Het symbool K bevat de waarde 1 omdat de eerste kasstroom vanwege elektriciteitsbesparing 1 jaar na de indienstname van de investering plaatsvindt. Voor iedere investering loopt deze waarde op van i=1 tot i=20.

De minimumprijs van groenestroomcertificaten volgt het vooropgestelde schema voor de prijsdaling en is het kernpunt van de analyse. Per periode waarin de minimumprijs verandert, vanaf 2010 tot 2020, wordt een NCW berekend. Zo wordt het duidelijk wat de invloed is van de daling van deze minimumprijs op de rendabiliteit. Voor de uitgebreide berekeningen van de 11 periodes wordt verwezen naar Bijlage 1. Voor de NCW van het jaar 2010 bedraagt de minimumprijs van de groenestroomcertificaten 350 €/GSC. In de literatuurstudie (zie Paragraaf 1,2) is te lezen dat een GSC wordt toegekend per Megawattuur opgewekte groene stroom. Het saldo van de opgewekte energie kan overgeheveld worden naar het volgende jaar. Dit houdt in dat voor de jaarlijkse productie van 1350 kWh/jaar slechts 1 GSC kan verkocht worden tegen 350 €/GSC. De overige 350 kWh wordt dan overgeheveld naar het volgende jaar, zodat in deze periode 1700 kWh in aanmerking komt voor de verkoop GSC. Dit is wederom slechts voldoende voor 1 GSC, zodat 700kWh overgeheveld wordt naar periode 3. In het derde jaar zal dan 2050 kWh (= 700kWh+1350kWh) voor GSC verkoop in aanmerking komen, dit komt overeen met 2 certificaten die verkocht kunnen worden aan 350 €/GSC. Op analoge wijze gaat deze methode door tot periode 20, de tijdsduur van de analyse waarop de NCW wordt berekend. Voor uitgebreide set resultaten kan men de bijlagen raadplegen (zie Bijlage 1).

Voor periode 1 bedraagt de kasstroom bijgevolg € 1064,398. Dit bedrag wordt bekomen door de som te nemen van de overige belastingvermindering zoals hierboven reeds werd uitgerekend; nl.: € 483,75. Hier wordt de waarde van de uitgespaarde grijze stroom bij opgeteld wat voor dit waarschijnlijke scenario € 230,750 per jaar bedraagt. Ook dit bedrag werd hierboven reeds berekend. Dan rest de kasstroom van de GSC nog, ook deze werd eerder toegelicht en bedraagt voor periode 1 dus 350€, de waarde van één GSC. Deze € 1064,398 behoort verdisconteerd te worden tegen 5%, de aangenomen vereiste rentevoet.

$$"=(483,75+230,750+350)/((1,05)^K)"$$

Voor periode 2 rest er geen belastingvermindering meer, bijgevolg bestaat de kasstroom enkel uit vermeden aankoop van grijze stroom en de verkochte groenestroomcertificaten. In deze periode is de waarde van de uitgespaarde stroom verhoogd door de verwachte toename van 0,50% ten opzichte van periode 1 tot € 231,801. In periode 2 kan wederom 1 GSC verkocht worden, zoals hierboven beschreven.

Op gelijke wijze worden er gedurende 20 periodes, de aangenomen tijd waarover de investering wordt bekeken ($t=20$), een kasstromentabel opgesteld om uiteindelijk 11 Netto Contante Waarden te bekomen voor iedere periode van investering. In de onderstaande tabel zijn de Netto Contante Waarden weergegeven voor ieder jaar zoals net toegelicht is voor 2010. Deze NCW is te interpreteren voor ieder investeringsjaar apart. Zou men in dat jaar beslissen om te investeren in PV-panelen, mag men zulke NCW verwachten. Op deze manier kan de minimumprijs van de GSC veranderen voor ieder jaar en wordt het effect hiervan op de rendabiliteit van de investering duidelijk weergegeven.

Tabel 5: Netto Contante Waardes Waarschijnlijk scenario

| Jaar investering | GSC prijs (€) | NCW (€) |
|------------------|---------------|-----------|
| 2010 | 350 | 2633,958 |
| 2011 | 330 | 2679,522 |
| 2012 | 310 | 2698,935 |
| 2013 | 290 | 2691,690 |
| 2014 | 250 | 2336,109 |
| 2015 | 210 | 1964,126 |
| 2016 | 170 | 1576,673 |
| 2017 | 130 | 1174,631 |
| 2018 | 90 | 758,8304 |
| 2019 | 50 | 330,0542 |
| 2020 | 10 | -110,9581 |

Vanaf 2012 is een daling in de NCW vast te stellen tot en met investeringsjaar 2020. Dit betekent concreet dat de marktfactoren zoals vooropgesteld niet kunnen compenseren voor de daling in de minimumprijs zoals de overheid oplegt. Tot 2020 blijft de NCW echter positief, wat betekent dat een investering in fotovoltaïsche panelen rendabel blijft tot dit jaar. Vanaf 2020 is er echter een overgang naar een negatieve NCW. Zonnepanelen die in dit jaar worden geïnstalleerd zullen omwille van de dalende GSC minimumprijs niet meer rendabel zijn rekening houdend met de verwachtingen die gesteld zijn voor dit scenario. De vooropgestelde kostendaling van 6% en een prijsstijging van grijze stroom van 0,50% die verwacht worden bij een normale evolutie van de markt, zijn onvoldoende om de sterke daling in de minimumprijs van de GSC te compenseren. Een rationele investeerder zal in dit geval afhaken met als logisch gevolg een dalende afzet voor producenten van zonnepanelen. In de literatuurstudie werd reeds het belang benadrukt van de nood aan voldoende afzetmogelijkheden voor producenten van PV-panelen. Dit is nodig voor de techniek om rendabel te worden op lange termijn, zodat fossiele energie kan vervangen worden

door groene energie die minder schadelijk is voor mens en omgeving (Oliver & Jackson, 2000; van der Zwaan & Rabl, 2003). Het is nu al duidelijk dat de groenestroomcertificaten een belangrijke invloed hebben op de rendabiliteit van de investering. Hoewel het nog vroeg is om conclusies te trekken, lijkt dit een eerste aanwijzing dat de overheid voorzichtigheid geboden is bij het laten dalen van de minimumprijs van de groenestroomcertificaten wil ze investeringen in deze technologie blijven aanmoedigen. Een politiek die toch aangewezen is op grond van het steeds schaarser worden van conventionele energiebronnen.

4.2.3 *Pessimistisch scenario*

Voor het pessimistische scenario worden de berekeningen niet meer uitgelegd omdat deze analoog zijn aan die van het waarschijnlijke scenario. Hieronder vindt men de tabel met Netto Contante Waarden zoals die ook gegeven is voor het waarschijnlijke scenario.

Tabel 6: Netto Contante Waardes Pessimistisch scenario

| Jaar investering | GSC prijs (€) | NCW (€) |
|------------------|---------------|-----------|
| 2010 | 350 | 2502,914 |
| 2011 | 330 | 2295,895 |
| 2012 | 310 | 2086,446 |
| 2013 | 290 | 1874,614 |
| 2014 | 250 | 1329,504 |
| 2015 | 210 | 782,105 |
| 2016 | 170 | 232,461 |
| 2017 | 130 | -321,520 |
| 2018 | 90 | -878,842 |
| 2019 | 50 | -1438,215 |
| 2020 | 10 | -1999,597 |

Men ziet dat de investering in zonnepanelen in geval van negatieve verwachtingen voor de marktontwikkelingen reeds overgaan van winstgevend naar verlieslatend in het jaar 2017. Onder de veronderstellingen van een procentuele kostendaling voor de installatie van 2% per jaar en in het geval dat de elektriciteitsprijs niet stijgt lijdt de rendabiliteit van de investering zeer hard onder de dalende minimumprijs van GSC. Een verminderde steun van de overheid zal op relatief korte termijn resulteren in niet rendabele investeringen met als gevolg een kleinere afzetmarkt voor zonnepanelen wat de verbetering van deze technieken in het gedrang doet komen.

4.2.4 Optimistisch scenario

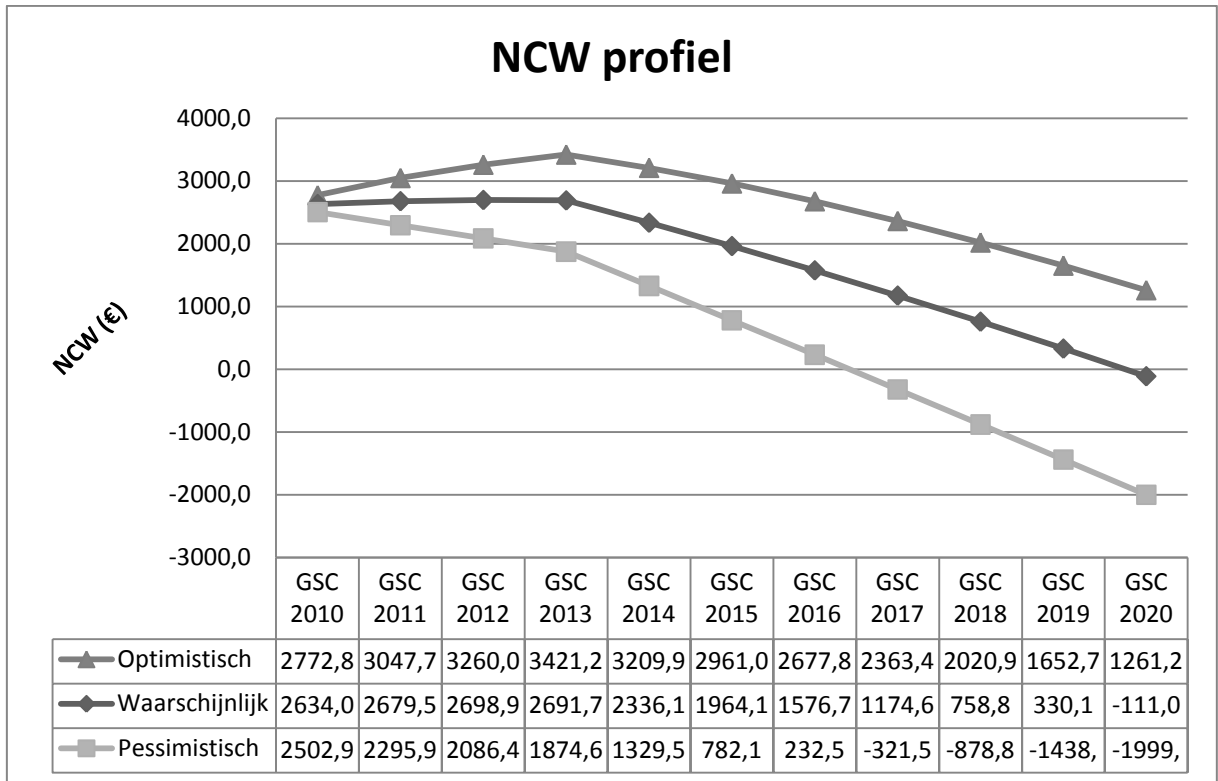
Tabel 7: Netto Contante Waardes Optimistisch scenario

| Jaar investering | GSC prijs (€) | NCW (€) |
|------------------|---------------|----------|
| 2010 | 350 | 2772,784 |
| 2011 | 330 | 3047,694 |
| 2012 | 310 | 3259,971 |
| 2013 | 290 | 3421,184 |
| 2014 | 250 | 3209,935 |
| 2015 | 210 | 2960,973 |
| 2016 | 170 | 2677,759 |
| 2017 | 130 | 2363,440 |
| 2018 | 90 | 2020,877 |
| 2019 | 50 | 1652,670 |
| 2020 | 10 | 1261,186 |

Voor het optimistische scenario zal de investering langer een positieve uitkomst te bieden aan de investeerder. Voor al de berekende NCW bieden optimistische marktverwachtingen rendabele uitkomsten voor de investering. De idee om de prijs van de GSC te laten dalen is op zich geen slechte drijfveer om de marktprijzen van zonnepanelen op een gezonde wijze aan te passen ten voordele van de consument. Men moet hierbij voldoende rekening houden dat PV-panelen nog volop in technologische ontwikkeling zijn. De geraadpleegde literatuur wijst op het feit dat deze technologie nog grote stappen moet zetten om tot competitieve vorm van energie uit te groeien. Indien de overheid op lange termijn wenst dat zonnepanelen een rendabel alternatief worden voor de opwekking van elektriciteit lijkt het aangewezen een matige daling van de GSC minimumprijs voor te stellen. Op deze manier wordt de particuliere investering voldoende aangemoedigd, een noodzaak voor de industrie van PV-technologie om op gezonde wijze te kunnen groeien.

4.3 Conclusie

In deze paragraaf worden de drie scenario's met elkaar vergeleken om een overzicht te krijgen van de marktfactoren die de rendabiliteit beïnvloeden. Hieronder worden de scenario's in een grafiek weergegeven door middel van drie NCW-profielen. Bijkomend is steeds de NCW af te lezen onder de grafiek in dezelfde figuur.



Figuur 5: Scenario analyse Netto Contante Waarde profiel

Eerder werd opgemerkt dat de daling van de prijs van GSC onder het pessimistische scenario zwaarder doorweegt dan in de twee andere scenario's. Dit is een logische vaststelling aangezien de GSC en andere overheidssteun middelen zijn om een markt kunstmatig te stimuleren. Indien deze stimulans dreigt weg te vallen zal de rendabiliteit van de investering hieronder lijden en zijn de exogene marktfactoren hetgeen de rendabiliteit van de investering verklaren. Daarenboven wordt de NCW van de investering zelfs negatief onder de meest waarschijnlijke veronderstellingen van marktevolutie. Dit kan erop wijzen dat het dalingspatroon van de minimumprijs een te sterk dalend parcours volgt aangezien ook het meest waarschijnlijke scenario's overgaat naar een negatieve netto contante waarde in de tijdspanne waarin de minimumprijs van de GSC wordt verlaagd.

Een belangrijke kanttekening in verband met de marktprijzen voor de groenestroomcertificaten dient hierbij gemaakt te worden. De marktprijs van groenestroomcertificaten ligt momenteel in de buurt van 107 EUR per certificaat (VEA, 2011). Dit betekent dat een rationele investeerder vanaf 2017 zou opteren om zijn groenestroomcertificaten te verhandelen tegen de marktprijs. Dit omdat de minimumprijs van groenestroomcertificaten na 2017 zou zakken onder de huidige marktprijs. Dit zou een stagnatie van al de drie curven tot gevolg hebben na 2017. De investeringen blijven in al de drie scenario's rendabel.

Het verloop van de curven, rekening houdend met de marktprijs voor GSC, blijft echter onzeker, aangezien het niet te voorspellen valt wat de marktprijs in de volgende jaren zal zijn. Indien de

marktprijs zou stijgen kan een investeerder al eerder beslissen om zijn GSC te verkopen tegen de marktprijs. In dit geval stagneren de curven eerder en blijft de investering in zonnepanelen nog altijd rendabel. Zou de marktprijs dalen, dan kan het zijn dat een investeerder ook nog na 2017 een beroep moeten doen op de minimumprijzen. De rendabiliteit van de investering hangt dan af van de grootte van de daling van de marktprijs, een factor die niet te voorspellen valt.

Voor de resultaatbespreking is het niet nodig om de marktprijs van de GSC perfect te kunnen voorspellen aangezien het de bedoeling is dat er meer inzicht wordt verkregen in het effect van de minimumprijzen op de rendabiliteit van de investering.

Er valt een divergerend patroon van de drie scenario's op te merken naarmate men een latere investeringsperiode beschouwt. Dit kan verklaard worden door het cumulerend effect van de ontwikkelingspercentages. In deze analyses zijn per scenario jaarlijks dezelfde groeipercentages gebruikt waardoor het effect hiervan wordt versterkt naarmate de jaren vorderen. In de realiteit zullen de marktontwikkelingen nooit gedurende zulke lange tijd constant blijven zoals hier is uitgedrukt aan de hand van groeipercentages. De veronderstelling is echter dat de percentages een gemiddeld verloop van de marktevolutie over de investeringsperiodes dient te beschrijven. Zo geeft de scenario analyse een rudimentair, maar valide inzicht in de mogelijke ontwikkeling van de rendabiliteit van de investering.

Globaal kan vastgesteld worden dat ieder scenario een dalend patroon volgt, wat betekent dat de marktontwikkelingen, met name de verwachte daling in de prijs van de PV-panelen en de toename van de elektriciteitsprijs, niet kunnen compenseren voor de daling van de minimumprijs in GSC. Dit kan resulteren in onvoldoende investeringen in PV-panelen, waardoor de technologie niet de nodige ontplooiing kan doormaken om uit te groeien tot een volwaardige bron van alternatieve energie. In de volgende paragraaf wordt nagegaan wat de parameterwaardes moeten bedragen opdat de investering een positieve NCW zou behouden over periode waarin de daling van de minimumprijs wordt voorgesteld.

Hoofdstuk 5: Breakeven analyse

De parameterwaardes voor het waarschijnlijke scenario uit de vorige analyse worden hier aangenomen als basisscenario. De berekening van de breakeven waardes van de veranderlijke parameters werd gedaan aan de hand van de Solver applicatie van Excel. Hierbij werden de Netto Contante Waardes opgegeven als target cel. Deze target cel met de NCW werd telkens de waarde nul opgelegd. Per paragraaf in dit hoofdstuk wordt één parameter toegelaten te variëren. Door de NCW voor ieder investeringsjaar tot nul te dwingen kan voor deze veranderlijke parameter de breakeven waarde gevonden worden. Met de formule die ook in 4.2.1 gebruikt werd, betekent dit het volgende:

$$NCW_p = \sum_{i=0}^{i=20} \frac{KS_i}{(1,05)^i} = 0$$

$$KS_0 = \sum_{i=1}^{i=20} \frac{KS_i}{(1,05)^i}$$

De kasstromen (KS) bevatten telkens vanaf $i=1$ tot en met $i=20$ de uitgespaarde elektriciteit en de ontvangen groenestroomcertificaten, zoals uitgelegd in 4.2.1 en 4.2.2. In de beginperiodes, ten laatste tot en met $i=3$, kunnen de kasstromen de overgedragen belastingvermindering bevatten. In de onderste formule is een alternatieve weergave van de formule, waarbij het netto investeringsbedrag $KS_0 = H - 3600$ € (zie Paragraaf 4.2.2) is.

In 5.1 wordt uitgegaan van een vast kostendalingpercentage en wordt bijgevolg gezocht naar de breakeven waarde voor de prijsstijging van grijze stroom op jaarbasis ten gevolge van de vooropgestelde daling van de minimumprijs in de GSC. Dit betekent dat het jaarlijks prijsstijgingspercentage van elektriciteit (zie parameter J uit paragraaf 4.2.2) de enige veranderlijke is, terwijl de NCW gedwongen wordt gelijk aan nul te zijn.

In het volgende onderdeel worden de rollen omgedraaid en zal de breakeven waarde van de kostendaling gezocht worden, terwijl de prijsstijging van grijze stroom geacht wordt constant te blijven over de jaren heen. De aandacht in 5.2 zal uitgaan naar het jaarlijkse dalingspercentage B (zie Paragraaf 4.2.2) van de investeringskost, met $H = (A / (1+B)^C) * ((D * E) / F) * (1+G)$.

In 5.3 worden zowel het percentage van de prijsstijging van grijze stroom als het kostendalingpercentage geacht constant te zijn volgens het basisscenario, waarbij gezocht wordt naar de breakeven waardes van de minimumprijs in GSC. Deze laatste analyse biedt een inzicht in de mate waarin het dalingspatroon afwijkt van de noodzakelijke hoeveelheid overheidssteun in de

vorm van GSC zodat een investering in PV-panelen rendabel zou zijn. In tegenstelling tot de vorige twee paragrafen gaat het hier over de waarde van de GSC uitgedrukt in EUR per GSC i.p.v. groeipercentages.

5.1 Prijsstijging elektriciteit als veranderlijke

In het geval waar enkel het prijsstijgingspercentage veranderlijk wordt beschouwd, wordt de onderstaande tabel bekomen voor de groeipercentages van elektriciteit. In de middelste kolom zijn voor de duidelijkheid de oorspronkelijke NCW opgenomen. Voor de groeipercentages in de laatste kolom bedragen de NCW zoals gezegd telkens nul. Uit de tabel kan afgeleid worden dat een positieve NCW geen prijsstijging voor elektriciteit vereist. Dit is het geval voor de investeringsperiodes tot en met 2019. Na dit jaar wordt pas een prijsstijging in elektriciteit vereist. Hoewel voor dit jaar nog een positieve NCW bekomen werd. In 2020 is een percentage van 0,68% vereist. Bij het teruggrijpen naar de scenario analyse betekent dat dit ontwikkelingspercentage net boven de grens van het waarschijnlijke scenario ligt, nl. 0,5% per jaar.

Tabel 8: Breakeven waardes groeipercentages elektriciteitsprijs

| Jaar investering | NCW (€) | BE Groeipercentage |
|------------------|----------|--------------------|
| 2010 | 2633,958 | -36,07% |
| 2011 | 2679,522 | -29,51% |
| 2012 | 2698,935 | -24,94% |
| 2013 | 2691,690 | -20,94% |
| 2014 | 2336,109 | -11,69% |
| 2015 | 1964,126 | -7,18% |
| 2016 | 1576,673 | -4,42% |
| 2017 | 1174,631 | -2,53% |
| 2018 | 758,830 | -1,16% |
| 2019 | 330,054 | -0,12% |
| 2020 | -110,958 | 0,68% |

Deze analyse biedt jammer genoeg weinig inzicht in nodige marktontwikkelingen voor elektriciteitsprijzen. Eens de investering gedaan is in een PV-installatie is de elektriciteitsprijs de enige parameter die de rendabiliteit kan beïnvloeden. Een daling in installatiekost heeft geen invloed meer eens de investeringuitgave gedaan is. Hierdoor is een positieve NCW steeds gerelateerd aan een negatief stijgingspercentage voor de elektriciteitsprijs, omdat dit dan de enige parameter is die de NCW dan nog kan beïnvloeden. Met andere woorden, wanneer de installatie gebeurt in een van de jaren van de periode 2010-2019 mag de elektriciteitsprijs afnemen, dan nog zal de NCW niet negatief worden.

5.2 Kostendaling installatie als veranderlijke

Op gelijkaardige wijze wordt in dit onderdeel gezocht naar het percentage waarmee de kostprijs kan veranderen opdat de investering het breakeven punt bereikt. Opvallend is dat het teken van de percentages niet meer asymmetrisch zijn ten opzichte van de eerder vastgestelde NCW voor dezelfde periode. Al vanaf 2016 is immers een positief dalingspercentage vereist in combinatie met een positieve NCW. Dit is wellicht deels te verklaren door het effect van de belastingvermindering, dat ook stijgt als de kostprijs toeneemt, waardoor het effect op de NCW positief kan beïnvloed worden door een hogere kost. Het heeft ook te maken met het feit dat de elektriciteitsprijs in deze analyse wel nog tot uiting komt, aangezien deze tijdens de levensduur van de investering nog een invloed heeft op de rendabiliteit. Om deze reden hebben bij deze analyse twee parameters een effect op de investering. Dit biedt het nadeel dat het effect van de investeringskost niet volledig geïsoleerd is, wat uitspraken over deze parameter individueel moeilijk maakt. Dit gaat echter gepaard met het voordeel van een realistischer beeld over de markt, aangezien een stijgende elektriciteitsprijs na de indienstname van de installatie een deel van de veronderstelling uitmaakt. Het individuele effect wordt bovendien besproken in de sensitiviteitsanalyse (zie Hoofdstuk 6).

Tabel 9: Breakeven waardes kostprijs PV-installatie

| Periode investering | NCW | BE Groeipercentage | Kostprijs (€/kWp) | BE kostprijs (€/kWp) |
|---------------------|----------|--------------------|-------------------|----------------------|
| 2010 | 2633,958 | -43,13% | 5000,000 | 7156,346 |
| 2011 | 2679,522 | -26,83% | 4716,981 | 6833,812 |
| 2012 | 2698,935 | -12,85% | 4449,982 | 6583,885 |
| 2013 | 2691,690 | -7,58% | 4198,096 | 6334,017 |
| 2014 | 2336,109 | -3,74% | 3960,468 | 5822,391 |
| 2015 | 1964,126 | -1,20% | 3736,291 | 5310,825 |
| 2016 | 1576,673 | 0,69% | 3524,803 | 4799,320 |
| 2017 | 1174,631 | 2,23% | 3325,286 | 4284,070 |
| 2018 | 758,830 | 3,64% | 3137,062 | 3756,452 |
| 2019 | 330,054 | 4,98% | 2959,492 | 3228,897 |
| 2020 | -110,958 | 6,35% | 2791,974 | 2701,405 |

In bovenstaande tabel is te zien hoe het vereiste groeipercentage dat overeenkomt met een breakeven situatie enkel in investeringsjaar 2020 boven de 6% van het basisscenario uitkomt. Dit is te verklaren aan de hand van de negatieve netto contante waarde voor dit jaar.

De relatie van de percentages met de rendabiliteit worden duidelijk indien de kostprijs per geïnstalleerde kWp onder de loep genomen wordt. In de vierde kolom staat de kostprijs per kWp zoals deze gehanteerd werd in de scenario analyse voor de waarschijnlijke situatie. Hierbij werd de kostprijs in 2010 vastgesteld op 5000 EUR/kWp en daalde in latere investeringsperiodes met een vaste 6% per jaar. In de laatste kolom zijn de kostprijzen per geïnstalleerde kWp te raadplegen zoals berekend in deze breakeven analyse. Deze kostprijzen zijn telkens berekend op basis van de

5000 EUR/kWp die als waarde voor de beginperiode geldt. Met behulp van de percentages in de derde kolom kunnen de breakeven kostprijzen bekomen worden na correct te verdisconteren. Dit werd gedaan door middel van de onderstaande formule:

$$A = A / (1 + \text{BE groeipercentage}_p)^C$$

A komt overeen met de prijs van 5000 EUR per kWp in 2010 (zie Paragraaf 4.2.2). "BE groeipercentage_p" komt overeen met het groeipercentage voor ieder investeringsjaar p uit Tabel 9. C stemt overeen met de periode van discontering p (zie Paragraaf 4.2.2).

Aan de hand van de breakeven kostprijzen uitgedrukt in EUR per kWp is de rol van het dalingspercentage op de investering duidelijker te interpreteren. Zo is te zien dat de breakeven kost van de installatie enkel in 2020 lager ligt dan in het basisscenario. Dit komt overeen met het hogere vereiste dalingspercentage dat nodig is om voor de negatieve NCW te compenseren. De resultaten tonen gelijkaardig inzicht als de scenario analyse (zie Paragraaf 4.3), waar er pas na periode 2013 een opmerkelijke daling in de NCW viel op te merken. Ook hier is er een opvallend verschil tussen de grootte van de percentages voor 2012 en na 2013. In deze breakeven analyse is bijkomend op te merken dat pas vanaf 2016 een kostendaling vereist is voor de prijs van installatie om rendabel te blijven. Dit betekent dat de veronderstelde positieve prijsstijgingen van elektriciteit, samen met de groenestroomcertificaten voldoende zijn om de investering in PV-panelen op het breakeven punt te krijgen. Pas na 2015 is een kostendaling in zonnecellen vereist om het breakeven punt te bereiken.

5.3 Groenestroomcertificaten als veranderlijke

In dit onderdeel wordt gezocht naar de minimumwaarde die de groenestroomcertificaten horen op te leveren om het breakeven punt van de investering te behalen. De resultaten van de analyse zijn samengevat in Tabel 10. Deze tabel bevestigt de inzichten die tot hiertoe reeds verkregen werden, namelijk dat een negatieve Netto Contante Waarde in een gunstige evolutie vereist van één van de drie besproken variabelen ten opzichte van het basisscenario. Indien de overige parameters constant gehouden worden, wordt de negatieve NCW gecompenseerd door een toename van de veranderlijken.

De onderstaande tabel toont het opvallende verschil tussen de gegarandeerde minimumprijs in de beginjaren en de nodige breakeven minimumprijs voor groenestroomcertificaten. Dit verklaart de populariteit van de investeringen in zonnepanelen bij de Vlaamse bevolking. De NCW is door middel van groenestroomcertificaten echter op aanzienlijke wijze fictief hoog gehouden. Deze steunmaatregel heeft ertoe geleid dat de uitgekeerde hoeveelheid certificaten voor zonnestroom in de laatste jaren enorm is toegenomen. Hoewel het aandeel van de voor zonnestroom uitgekeerde GSC klein is in vergelijking met het totaal aantal GSC voor groene energie (zie Paragraaf 1.2,

meerbepaald Tabel 1), wegen de hoge prijzen voor groenestroomcertificaten van zonnestroom door op het totaalbedrag. De Vlaamse overheid is dus erg gemotiveerd om de minimumprijs voor de groenestroomcertificaten terug te brengen tot een meer realistisch niveau.

Tabel 10: Breakeven waardes minimumprijzen groenestroomcertificaten

| Jaar investering | NCW | Minimumprijs GSC (€) | BE GSC (€) |
|-------------------------|------------|-----------------------------|-------------------|
| 2010 | 2633,958 | 350 | 191 |
| 2011 | 2679,522 | 330 | 168 |
| 2012 | 2698,935 | 310 | 147 |
| 2013 | 2691,690 | 290 | 127 |
| 2014 | 2336,109 | 250 | 109 |
| 2015 | 1964,126 | 210 | 91 |
| 2016 | 1576,673 | 170 | 75 |
| 2017 | 1174,631 | 130 | 59 |
| 2018 | 758,830 | 90 | 44 |
| 2019 | 330,054 | 50 | 30 |
| 2020 | -110,958 | 10 | 17 |

5.4 Conclusie

In de drie uitgevoerde breakeven analyses is er telkens eenzelfde patroon op te merken. In iedere paragraaf valt de breakeven waarde van de variabele in kwestie onder de bijbehorende waarde van het basisscenario. Enkel in de investeringsperiode 2020 stijgt de breakeven waarde boven de waarde van het basisscenario uit. Dit hangt samen met de negatieve NCW voor die periode. Dit wil zeggen dat de minimumprijs voor de GSC vooral in de beginperiodes van de analyse sterk boven de noodzakelijke waarde ligt. Het is aanvankelijk ook de bedoeling van de GSC geweest om de investering in zonne-energie te stimuleren door het verhogen van de NCW van de investering. Uit de resultaten blijkt dat deze stimulans echter, zeker in de beginperiodes, fors de breakeven waardes overstijgt, waardoor men nu problemen ondervindt om de vereiste geldmiddelen te voorzien, zoals besproken in het slot van paragraaf 1.2 en verder gevolg vindt in Hoofdstuk 7. Dezelfde resultaten werden bekomen in de scenario analyse, ook daar werden in de beginperiodes hogere NCW bekomen dan in de latere periodes van indienstname. Deze daling van NCW in de scenario analyse vindt plaats ondanks de positieve invloeden van de prijsstijging van elektriciteit en de daling van de prijs van zonnepanelen op de winstgevendheid en is volledig toe te wijzen aan de sterke daling van de minimumprijzen van GSC. De overeenkomst tussen beide conclusies geeft extra betrouwbaarheid aan de resultaten.

Hoofdstuk 6: Sensitiviteitsanalyse

In dit onderdeel wordt uitgegaan van de parameterwaarden zoals eerder vastgesteld voor het waarschijnlijke scenario. Het is de bedoeling om na te gaan in welke mate onzekerheid van de groeipercentages voor zowel de prijsstijging van elektriciteit als de prijsdaling van de installatie doorwegen op de variabiliteit van het rendement van de investering. Bijkomend wordt ook de rol van de discontovoet, die tot hertoe steeds 5% bedroeg, nagegaan. Ook de impact van de GSC minimumprijs wordt achterhaald aan de hand van een extra simulatie. Er wordt telkens ook inzicht verkregen in de onzekerheid van de NCW per investeringsperiode, aangezien deze afhangt van de gekozen waarden van de beschouwde parameters.

6.1 Inleiding

Voor deze analyse wordt gebruik gemaakt van de Oracle Crystal Ball applicatie voor Excel. Deze applicatie laat toe om via een bepaald aantal simulaties Netto Contante Waarden te voorspellen terwijl het percentage van de elektriciteitsstijging en de prijsdaling van de installatie veranderen binnen een vooraf bepaald interval. De intervalwaarden voor de percentages komen overeen met de keuzes van de scenario analyse. Bijgevolg varieert de prijsstijging voor elektriciteit tussen 0% en 1%, met gemiddeld 0,50% per jaar. De daling van de installatiekost ligt tussen 2% en 10% met jaarlijks gemiddeld 6%. De discontovoet zal tussen 4% en 6 % variëren, zodat de reeds gehanteerde discontovoet van 5% de gemiddelde waarde bedraagt. Omdat er geen gegevens beschikbaar zijn over de kansverdeling van de percentages is er gekozen voor een driehoeksverdeling voor de drie parameters. Hierbij hebben de gemiddelde waarden steeds een grotere kans om voor te komen in de simulatie. Dit is aangewezen omdat de gemiddelde waarden ook de meeste kans hebben op voorkomen. Op deze manier weegt noch de benedengrens, noch de bovengrens meer door op de uitkomsten zodat hier geen onduidelijkheden over kunnen bestaan bij de resultatenbespreking.

Bij de simulatie worden er op basis van deze kansverdeling verschillende fictieve gevallen nagebootst, waarbij de drie parameters worden vastgesteld op een bepaalde waarde binnen het interval en de kansverdeling zoals hierboven is besproken. Er is gekozen om 10000 combinaties uit te voeren voor de simulatie. Vanaf 10000 trials is het mogelijk na te gaan welk percentage van de variantie van de voorspelde Netto Contante Waarde verklaard wordt door een bepaalde parameter (Oracle, 2009). Het voordeel van deze 'contribution to variance' is dat de afhankelijkheid van de NCW of de sensitiviteit ten opzichte van de parameters wordt uitgedrukt als een percentage (Oracle, 2008).

6.1 Simulatie 1: Prijsstijging elektriciteit, Kostendaling installatie, Discontovoet

In de eerste simulatie wordt het gebruikelijke dalingspatroon van de GSC vooropgesteld. Voor de eerste simulatie is het volledige rapport opgenomen in Bijlage 2. In een latere simulatie zal ook de GSC als afhankelijke worden beschouwd, wat ertoe leidt dat we het belang van de minimumprijs van deze certificaten kunnen vaststellen.

6.1.1 Netto Contante Waarde profiel

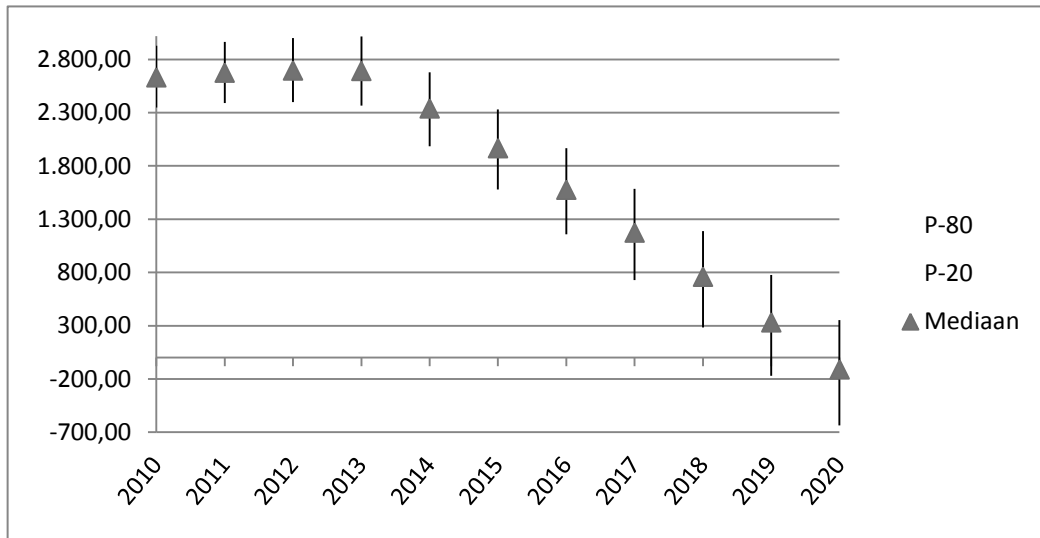
Na de simulatie werden de bekomen mediaanwaarden voor de NCW van iedere investeringsperiode, samen met de 20^{ste} en 80^{ste} percentielwaarden samengevat in onderstaande tabel. Door de Netto Contante Waarden te beschouwen tussen het 20^{ste} en 80^{ste} percentiel wordt rekening gehouden met 60% van de mogelijke combinaties. Dit wil zeggen dat 20 procent van de gemaakte combinaties onder de P-20 waarde valt en 20 procent boven het P-80. Op deze manier worden de meest voorkomende NCW bekeken.

Tabel 11: Netto Contante Waardes Simulatie 1

| | P-80 | P-20 | Mediaan |
|------|----------|----------|----------|
| 2010 | 2.928,88 | 2.347,83 | 2.632,26 |
| 2011 | 2.964,10 | 2.391,73 | 2.676,07 |
| 2012 | 2.999,23 | 2.398,27 | 2.696,14 |
| 2013 | 3.014,51 | 2.367,73 | 2.692,02 |
| 2014 | 2.680,42 | 1.985,26 | 2.340,41 |
| 2015 | 2.329,32 | 1.580,06 | 1.967,17 |
| 2016 | 1.966,30 | 1.159,36 | 1.577,70 |
| 2017 | 1.585,28 | 727,66 | 1.175,53 |
| 2018 | 1.187,80 | 284,39 | 761,15 |
| 2019 | 777,95 | -170,41 | 333,40 |
| 2020 | 353,07 | -634,51 | -107,88 |

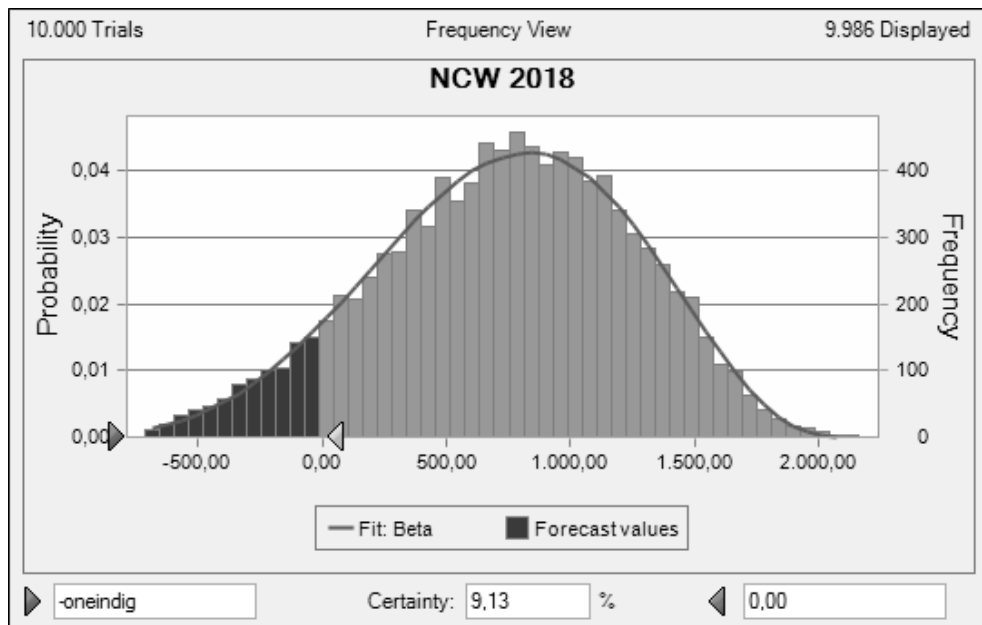
Bovenstaande tabel kan op overzichtelijke wijze worden weergegeven door middel van onderstaande grafiek. In het diagram is te zien hoe de mediaanwaarden een gelijkaardig patroon als de eerder besproken scenario's volgen met een lichte stijging in de eerste periodes, gevolgd door een fikse daling in de hierop volgende periodes. De licht stijgende trend is op te merken tot en met het investeringsjaar 2013. Dit betekent dat de marktontwikkelingen vanwege de stijgende elektriciteitsprijs en de dalende installatiekost voor de zonnepanelen tot hiertoe voldoende kunnen compenseren voor de daling in de GSC minimumprijs. Vanaf 2014 is echter een sterke daling op te merken in het NCW profiel wat betekent dat de marktontwikkelingen niet meer in staat zijn de daling in minimumprijs teniet te doen. Deze trend eindigt uiteindelijk in een negatieve NCW. Dit

verhaal treft grote gelijkenis met de scenario analyse waarin voor het waarschijnlijke scenario een negatieve NCW werd vastgesteld in 2020.



Figuur 6: Simulatie 1 Netto Contante Waarde profiel

Een bijkomend inzicht dat deze analyse biedt is de mogelijkheid om onder de verwachte omstandigheden voor de marktevolutie al in 2019 een negatieve NCW te bekomen. Zelfs voor 2018 is er 9,13% kans dat de investering in zonnepanelen geen positieve NCW heeft. Dit is te zien in Figuur 7 die hieronder opgenomen is. Hier is voor de NCW een interval is opgegeven van $[-\infty, 0]$. Op gelijke wijze is de kans op een negatieve NCW in 2019 vastgesteld op 28,67% en deze voor 2020 bedraagt 57,32%.



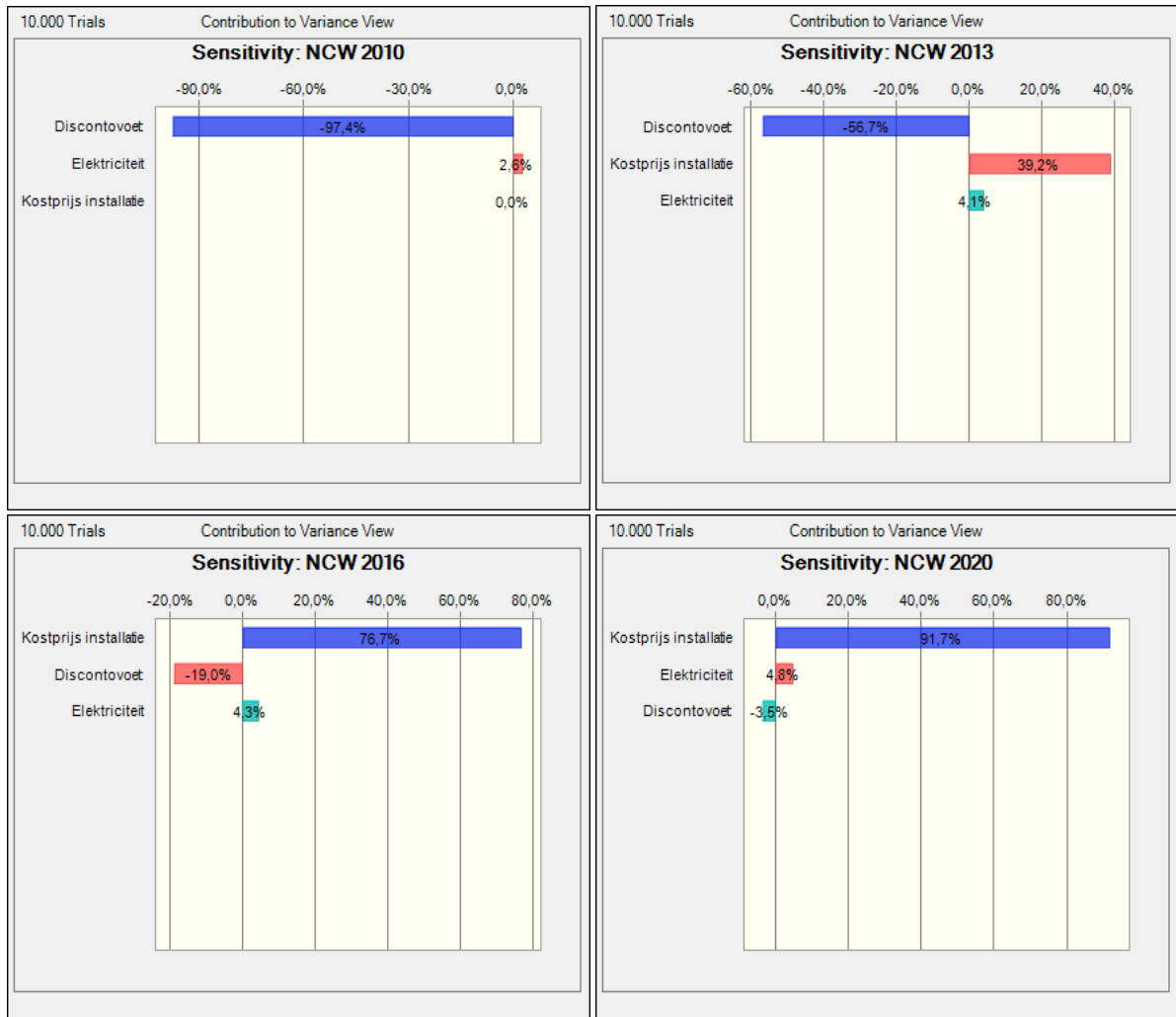
Figuur 7: Kansberekening voor negatieve Netto Contante Waarde

Overigens neemt de onzekerheid over de geschatte NCW toe naarmate een latere investeringsperiode beschouwd wordt. Dit is af te leiden aan de hand van de 20^{ste} en 80^{ste} percentielwaarden van de grafiek in Figuur 6 die verder van de mediaan komen te liggen. Dit wordt in de Figuur 6 afgebeeld door een langere verticale streep voor 2020 dan voor 2010. Dit komt overeen met een stijgende standaardfout voor de overeenkomstige verdelingen van de NCW per investeringsperiode. Dit is een logische conclusie aangezien de zekerheid over de marktontwikkelingen afneemt naarmate de tijd vordert. De gegevens zijn verzameld voor 2010, hoe verder er in de toekomst resultaten geschat worden, hoe minder nauwkeurig de veronderstellingen hieromtrent zijn. Ook het feit dat de ontwikkelingspercentages een cumulatief effect hebben over de jaren heen draagt bij tot de groeiende verscheidenheid tussen de resultaten. Dit werd reeds aangehaald binnen de scenario analyse, waar gelijkaardig patroon werd verkregen door de divergerende NCW-profielen voor de drie scenario's.

Het verhaal tot hiertoe treft veel gelijkenissen met de vorige analyses. Toch zijn er enkele verdiepende inzichten vanwege de kans op een negatieve rendabiliteit van de investering in latere periodes. Hierna zullen de individuele rol van het prijsstijgingspercentage van elektriciteit, het dalingspercentage van de PV-installatiekost en de discontovoet nader bekeken worden. Dit wordt gedaan aan de hand van een sensitiviteitsdiagram dat voor de drie variabelen bekomen werd uit de simulatie. Hierop is te zien in welke mate de parameter instaat voor de variabiliteit van de NCW.

6.1.2 Contribution to variance

Voor iedere investeringsperiode is een sensitiviteitsdiagram opgesteld. Om het overzicht te behouden zijn niet al de diagrammen opgenomen in de tekst. De overige diagrammen zijn te raadplegen in Bijlage 2. Deze sensitiviteitsdiagrammen beelden de variabiliteit van de voorspelling ten opzichte van de verklarende variabelen af door middel van percentages (Oracle, 2008). In de onderstaande diagrammen is steeds de NCW per investeringsperiode de afhankelijke variabele. In deze simulatie hangt de NCW af van drie parameters zoals toegelicht in de inleidende paragraaf van de sensitiviteitsanalyse. 'Kostprijs installatie' zoals te lezen in de diagrammen, vertegenwoordigt het prijsdalingpercentage van de zonnepalen in de simulatie. De variabele 'Elektriciteit' betreft het prijsstijgingspercentage van elektriciteit.



Figuur 8: Simulatie 1 Contribution to variance charts

Opvallend is het grote belang van de discontovoet in de beginperiodes. Dit belang neemt in latere investeringsjaren af ten voordele van de procentuele daling van de investeringskost. Toch blijft voor iedere berekende NCW de discontovoet hetzelfde en dient ertoe gedurende de levensduur van de investering het tijdseffect van de inkomende kasstromen ten gevolge van de vermeden aankoop van elektriciteit en de groenestroomcertificaten te integreren. Het afnemend belang van de discontovoet naar latere periodes van investering toe kan te maken hebben met de dalende grootte van de kasstromen vanwege de daling van de minimumprijs van GSC. Aangezien deze daling drastischer is dan de stijging in de elektriciteitsprijs, daalt het totaal van de kasstromen bij investering in latere jaren ten opzichte van 2010. Door de verlaagde kasstromen in de toekomst, neemt het belang van de discontovoet af, waardoor deze ook minder zal doorwegen op de sensitiviteit van de investeringscalculaties.

Het belang van de procentuele daling van de installatiekost op jaarbasis neemt sterk toe in het verklaren van de variantie van de voorspelling van de NCW. Bij een investering in 2010 speelt deze

variabele geen enkele rol. Dit is een logisch gevolg van het feit dat er in 2010 nog geen kostendaling in de prijs van zonnepanelen heeft plaatsgehad. Naarmate een latere periode van indienstname beschouwd wordt, neemt het belang van deze parameter fors toe. Dit kan verklaard worden door het cumulatieve effect van het jaarlijkse procentuele kostendaling in combinatie met het zonet besproken afnemend belang van de discontovoet.

Ook de elektriciteitsprijs speelt steeds een belangrijker rol in de verklaring van de sensitiviteit van de NCW voorspelling, de invloed van het stijgingspercentage van elektriciteitsprijs neemt immers toe van 4,1% in jaar 2013 tot 4,8% in 2020. Deze stijging blijkt wel veel beperkter te zijn dan die van de daling van installatiekost. Toch heeft het stijgingspercentage van de elektriciteitsprijs ook een cumulatief effect naar latere periodes van indienstname toe. Het interval van dit stijgingspercentage is echter veel compacter en ook het groeipercentage zelf is veel kleiner dan dit van de installatiekost, waardoor de impact op de sensitiviteit van de NCW berekeningen kleiner is. Het belang in de beginperiodes van het groeipercentage van de elektriciteitsprijs is reeds tot uiting gekomen in de breakeven analyse (zie Paragraaf 5.1). Daar was de verhouding met de kostprijs van de installatie echter nog niet duidelijk. Het inzicht dat de sensitiviteitsanalyse hierover biedt, kan verklaard worden doordat de kostprijs van de installatie in de beginperiodes nog maar weinig is afgenomen, bedragen de elektriciteitsprijzen een groter deel van de baten dan in latere periodes waar de kostendaling van de installatie veel groter is in verhouding tot de baten vanwege elektriciteitsbesparing.

De stijging van de belangrijkheid van zowel de installatiekost als de elektriciteitsprijs is reeds uitgelegd aan de hand van het afnemend belang van de discontovoet. Dit werd verklaard door de dalende minimumprijs van GSC die het totaal van de inkomende kasstromen deed afnemen. Dit duidt erop dat de marktfactoren, in de diagrammen weergegeven door 'Elektriciteitsprijs' en 'Kostprijs installatie', bij afnemende GSC prijzen belangrijker worden in het verklaren van de rendabiliteit van een investering in PV-panelen. Dit is coherent met de redenering dat de hoge minimumprijs van de groenestroomcertificaten een middel zijn om investeringen te stimuleren. Deze fictieve verhoging van de winstgevendheid van zonnepanelen leidt ertoe dat de eigenlijke marktontwikkelingen van minder belang worden.

De richting van de staven in de diagrammen geven het teken aan van de invloed die de parameter heeft op de te verklaren variabele (Oracle, 2008). Dit betekent dat door het negatieve teken van de discontovoet in Figuur 8 een stijging van deze parameter een daling in de NCW zou veroorzaken. Dit spreekt voor zich aangezien een hogere discontovoet inhoudt dat de toekomstige kasstromen minder doorwegen op de NCW. Aangezien de toekomstige kasstromen uitsluitend zorgen voor de positieve bijdrage aan de winstgevendheid zou een verhoogde discontovoet zich uiten in lagere Netto Contante Waarden.

Het positieve teken van de bijdrage van 'Elektriciteit' en 'Kostprijs installatie' betekent dat een stijging in zowel het percentage dat de prijsstijging van elektriciteit, als het percentage dat de daling van de installatiekost bepaalt, geassocieerd worden met stijging in de Netto Contante Waarden. De kostprijs van de installatie bepaalt de grootte van het investeringsbedrag bij aanvang van de investeringscalculatie. Wanneer dit bedrag jaarlijks met grotere omvang daalt, voorgesteld door 'Kostprijs installatie', zal het netto investeringsbedrag bijgevolg minder groot zijn, waardoor de investering een hogere Netto Contante Waarde zal krijgen. Voor de elektriciteitsprijs geldt dat deze parameter een deel uitmaakt van de inkomende kasstromen gedurende de levensduur van de investering. Indien het jaarlijks groeipercentage van de elektriciteitsprijs stijgt, voorgesteld door 'Elektriciteitsprijs', zal dit een verhoging van de inkomende kasstromen voortbrengen, met als gevolg een stijging van de NCW. Deze bevindingen kunnen verder verklaard worden doordat beide parameters de marktontwikkelingen voorstellen die de winstgevendheid van de investering op positieve wijze beïnvloeden (zie Paragraaf 4.2.2).

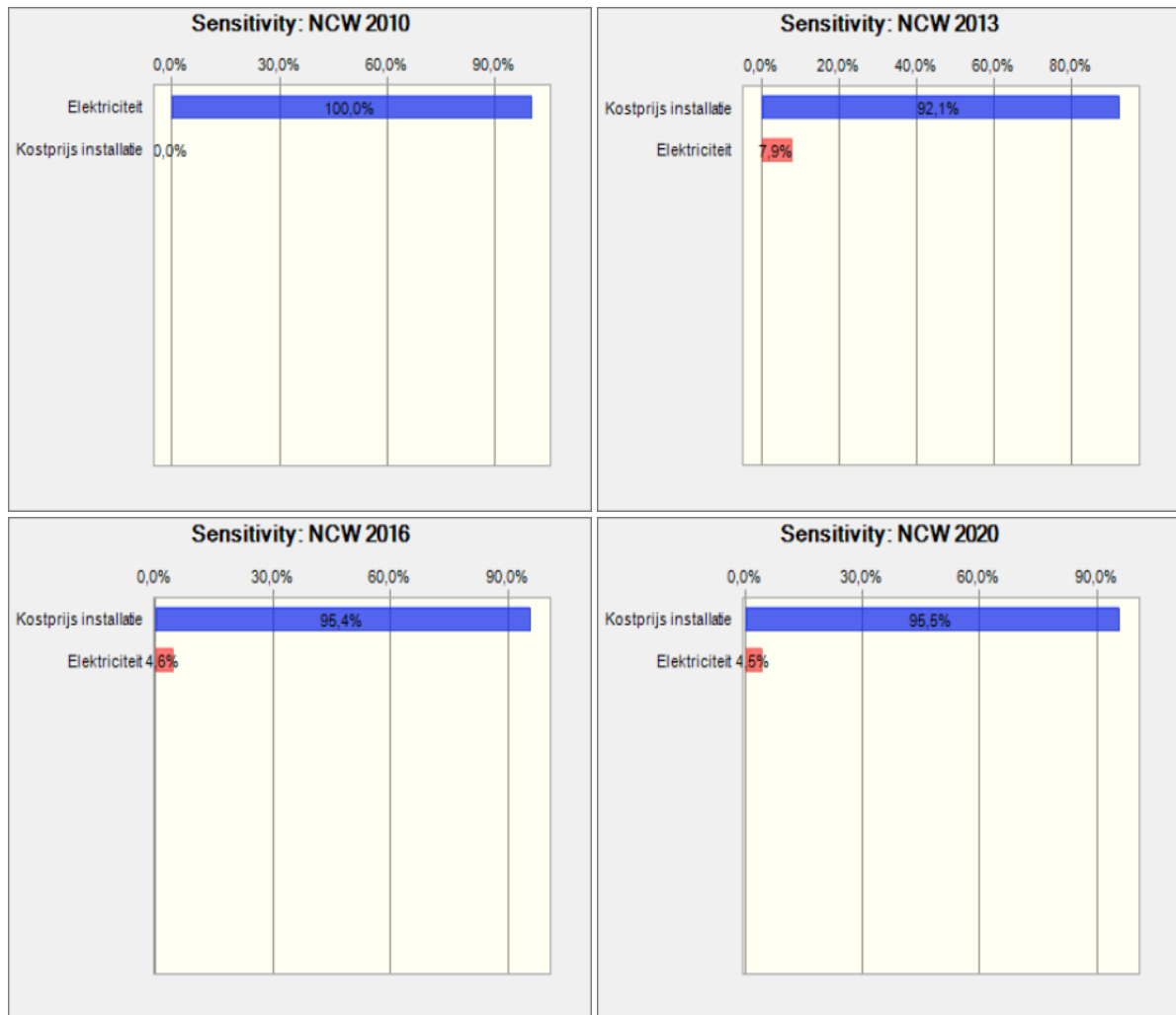
6.2 Simulatie 2: Prijsstijging elektriciteit, Kostendaling installatie

In deze simulatie zijn slechts twee variabelen opgenomen ter verklaring van de NCW per investeringsperiode, nl. het stijgingspercentage van de elektriciteitsprijs en het dalingspercentage van de installatiekost. Zo kan het belang ten opzichte van elkaar van deze parameters worden achterhaald. De discontovoet is hier dus weggelaten als variabele en is zoals voorheen terug vastgelegd op 5%.

De intervallen en de kansverdeling zijn dezelfde als in de vorige simulatie. De bedoeling van deze simulatie is te achterhalen welke van de twee marktfactoren per investeringsperiode het belangrijkste deel voor zijn rekening neemt in het verklaren van de NCW. Hiervoor zijn enkel de 'contribution to variance' diagrammen nodig. Het NCW profiel zoals besproken voor de eerste simulatie levert onder de veronderstellingen die hier gehanteerd worden sterk vergelijkbare resultaten op als de scenario analyse en is bijgevolg niet opgenomen.

6.2.1 Contribution to variance

Hieronder zijn de sensitiviteitsdiagrammen weergegeven voor dezelfde investeringsperiodes als in Simulatie 1. Voor de overige diagrammen wordt verwezen naar Bijlage 3.



Figuur 9: Simulatie 2 Contribution to variance charts

Opvallend is het sterke belang van de prijsstijging van elektriciteit in 2010 en 2011, terwijl dit belang pijlsnel afneemt naarmate latere periodes beschouwd worden. In deze latere periodes neemt het belang van de prijsdaling in installatiekost voor PV-panelen sterk toe. Voor investeringsjaar 2010 is de bijdrage van de installatiekost weer nihil om de eenvoudige reden dat er hier nog geen daling heeft plaatsgehad.

In deze simulatie komt duidelijk tot uiting dat de procentuele prijsstijging van elektriciteit sterk moet inboeten aan belang ten voordele van de percentsgewijze daling van de installatiekost. In latere investeringsperiodes zal het prijsstijgingspercentage van elektriciteit steeds minder van de variabiliteit van de NCW verklaren ten opzichte van het kostendalingpercentage van zonnepanelen.

Dit kan om twee redenen zo zijn. Ten eerste is het gekozen prijsstijgingspercentage voor elektriciteit behoorlijk kleiner dan het groeipercentage voor daling van de installatieprijs van zonnepanelen. Hierdoor neemt het gecumuleerde effect steeds toe ten voordele van de prijsdaling van de PV-installatie. Een tweede reden is dat de bedragen waarop de groeipercentages van toepassing zijn veel kleiner zijn voor de elektriciteitsprijzen dan voor de installatieprijs. Hierdoor wordt de impact van de percentages nogmaals versterkt en bepaalt de kostendaling van de installatie reeds vanaf 2011 het overgrote deel van de variantie van de NCW.

Deze bevindingen bieden passend perspectief over de keuze van het groeipercentage van de elektriciteitsprijs. Vanuit de literatuurstudie is gebleken dat dit percentage moeilijk te bepalen is omdat het afhangt van tal van factoren die op complexe wijze met elkaar interageren. De literatuurstudie heeft wel licht geworpen op de grootteorde van dit percentage, maar over de exacte waarde ervan bestaat grote onzekerheid. Daar deze simulatie aantoont dat het groeipercentage van de elektriciteitsprijs slechts een kleine fractie van de sensitiviteit van de winstgevendheid verklaart, behoeven geen grote onnauwkeurigheden verwacht te worden volgend uit de keuze van het percentage voor de jaarlijkse stijging van de elektriciteitsprijs.

6.3 Simulatie 3 en 4: Prijsstijging elektriciteit, Kostendaling installatie, Minimumprijs groenestroomcertificaten

6.3.1 Assumptiebepaling

In deze simulatie zal de gevoeligheid van de winstgevendheid van de installatie ten opzichte van de GSC prijzen tot uiting komen. Aanvullend bij de gewoontelijke variabelen, de procentuele stijging van de elektriciteitsprijs en de percentsgewijze daling van de installatiekost, wordt in deze simulatie een derde variabele aangemaakt die de variabiliteit van de groenestroomcertificaten voor zich neemt. De moeilijkheid is het bepalen van het interval en de kansverdeling voor deze variabele. Deze assumpties beïnvloeden de mate waarin de waarde van groenestroomcertificaten per trial van de simulatie kan veranderen.

Indien hier gekozen wordt voor een triangulaire kansverdeling zoals bij de andere variabelen, zou dit de variabiliteit van de NCW tegenover de GSC matigen dan wanneer een uniforme verdeling zou gebruikt worden voor eenzelfde interval waartussen de variabele kan veranderen. Dit omdat de gemiddelde waarde bij een triangulaire kansverdeling veel meer kans op voorkomen heeft dan de grenswaarden van het interval. Dit zou de simulatie maar in beperkte mate doen afwijken van de vorige simulaties waarbij minimumprijs van de GSC nog vast bepaald werd volgens de vooropgestelde daling.

Het interval is een tweede factor die de variabiliteit beïnvloedt. Er kan bijvoorbeeld gekozen worden voor een vast interval voor iedere periode van investering waartussen de minimumprijs kan variëren. Dit zou echter veel vrijheid bieden voor de minimumprijs aangezien het de bedoeling is dat er zich naar latere investeringsperiodes toe een daling voordoet. Om een daling weer te kunnen geven lijkt het aangewezen om een interval te kiezen dat rekening houdt met de richtprijs van de GSC per investeringsperiode. Zo kan het interval bepaald worden aan de hand van de tot hiertoe gebruikte minimumprijzen van groenestroomcertificaten per investeringsperiode en deze voor de benedengrens te verminderen met -10% en met +10% voor de bovengrens van het interval. Het interval dat op dergelijke wijze afhankelijk is van de minimumprijs per investeringsperiode, heeft echter het nadeel dat er in de beginperiodes vanzelfsprekend meer variabiliteit vanwege de GSC zal voortkomen omdat de minimumprijs binnen een breder interval kan variëren. De sensitiviteit ten opzichte van de GSC wordt op deze manier gemanipuleerd zodat ze in latere periodes onvermijdelijk minder groot is. Deze intervalkeuze lijkt toch het best de ontwikkelingen van de markt te schetsen waarin een daling van de GSC minimumprijs vereist wordt. Met behulp van de breakeven analyse kan dit gestaafd worden door te verwijzen naar het grote verschil tussen breakeven en minimumprijs van de GSC in de beginperiodes, terwijl deze in de laatste periodes van indienstname minder verschillen. Dit wijst erop dat er in latere periodes van investering minder ruimte nodig is voor variabiliteit betreffende de minimumprijs van de GSC. Dit is ook in lijn met de nood aan een dalend stamien van steunmaatregelen om te techniek te stimuleren. Indien eenzelfde interval overheen al de investeringsperiodes gekozen was, zou dit niet de nodige vermindering van de minimumprijs van de GSC in toekomstige jaren weergeven, wat een grote tekortkoming zou zijn. Toch heeft een vast interval voor iedere investeringsperiode een belangrijk voordeel ten opzichte van een afhankelijk interval. Het heeft namelijk voor iedere investeringsperiode eenzelfde inslag op de rendabiliteit. De verklaring van de variabiliteit wordt niet gemanipuleerd door het inkrimpend interval.

Op basis van de voorgaande alinea's zijn er vier mogelijkheden af te leiden die hieronder opgesomd en vervolgens besproken worden:

- een driehoeksverdeling met een interval afhankelijk van de minimumprijs per periode
- een uniforme verdeling met een afhankelijk interval
- een driehoeksverdeling met een vast interval
- een uniforme verdeling met een vast interval

Voor de driehoeksverdeling met een afhankelijk interval is er zoals gezegd weinig verschil met de simulaties waarbij de GSC geen variabele was, maar gewoon veranderde met de opgelegde daling in minimumprijs. Bij deze combinatie zou de invloed van GSC op de variantie van de NCW in de beginperiodes erg groot zijn en onbestaande in de laatste periodes. Deze simulatie biedt bijgevolg weinig extra inzicht.

Bij de uniforme kansverdeling met afhankelijk interval is er omwille van de uniforme kansverdeling meer ruimte voor flexibiliteit van de groenestroomcertificaten. Ook wordt er rekening gehouden met een noodzakelijke daling van de minimumprijzen door gebruik te maken van een interval dat afhankelijk is van de vooropgestelde minimumprijzen voor GSC. Deze combinatie lijkt het beste de reële situatie weer te geven. Het nadeel van deze combinatie is echter dat er voor de beginperiodes een grote invloed op de variantie van de NCW is vanwege de GSC terwijl deze verdwijnt in de latere periodes omwille van het inkrimpende interval.

Een driehoeksverdeling met vast interval biedt het voordeel dat de GSC voor iedere investeringsperiode eenzelfde impact op de variantie heeft vanuit de intervalkeuze. Hierdoor is geen vertekening naar de latere periodes van investering toe zoals het geval is voor de afhankelijke intervallen. Het nadeel van deze combinatie is dat ze geen rekening houdt met de vereiste daling in minimumprijzen die in de realiteit is opgelegd. Voor het nagaan van de invloed van GSC op de variantie van NCW biedt een combinatie met vast interval echter bruikbare nieuwe inzichten.

Een uniforme verdeling met vast interval kan gezien worden als de tegenhanger van de eerste combinatie met triangulaire kansverdeling en afhankelijk interval. Daar deze laatgenoemde combinatie te weinig flexibiliteit weergeeft, geeft de combinatie die hier beschouwd wordt teveel ruimte voor flexibiliteit. De impact van de GSC op de verklaring van de variantie in NCW is bij deze combinatie overmaats aanwezig.

Zoals blijkt is er geen ideale keuzemogelijkheid. Een vast interval over de investeringsperiodes geeft niet de gewenste ontwikkeling weer, terwijl een inkrimpend interval beslist minder variabiliteit veroorzaakt in latere periodes. Een uniform interval kan teveel variabiliteit teweegbrengen, waar een driehoeksverdeling mogelijk te weinig variabiliteit weergeeft tegenover de vorige simulaties. Bijgevolg is gekozen om binnen deze simulatie met de drie besproken afhankelijke twee aparte simulaties uit te voeren met andere assumpties voor de minimumprijzen van groenestroomcertificaten. Omdat de impact van de groenestroomcertificaten op de rendabiliteit de kern van dit onderzoek vormt, is een uitgebreide analyse noodzakelijk. Op deze manier wordt niets over het hoofd gezien en kunnen bevindingen uit beide gevallen bijdragen tot een uitgebreider zicht op de zaak.

6.4 Simulatie 3: Uniforme kansverdeling, afhankelijk interval

Deze simulatie behelst een uniforme kansverdeling voor de minimumprijs van de groenestroomcertificaten en laat deze variëren binnen een interval dat per investeringsperiode verandert. Deze biedt een inzicht in de impact van de GSC in de omstandigheden zoals verwacht ten gevolge van een dalende minimumprijs voor GSC. De voor- en nadelen hiervan zijn in de vorige paragraaf besproken. In de onderstaande tabel zijn de intervalwaardes voor iedere minimumprijs van de GSC per investeringsjaar weergegeven zoals op bovenvermelde wijze bekomen werd. Uit de tabel is duidelijk te zien hoe de grenzen van het interval steeds minder flexibiliteit toelaten.

Tabel 12: Grensbepaling afhankelijk interval

| Jaar investering | GSC (€) | Interval | |
|------------------|---------|----------|--------|
| | | [-10% | , 10%] |
| 2010 | 350 | 315 | 385 |
| 2011 | 330 | 297 | 363 |
| 2012 | 310 | 279 | 341 |
| 2013 | 290 | 261 | 319 |
| 2014 | 250 | 225 | 275 |
| 2015 | 210 | 189 | 231 |
| 2016 | 170 | 153 | 187 |
| 2017 | 130 | 117 | 143 |
| 2018 | 90 | 81 | 99 |
| 2019 | 50 | 45 | 55 |
| 2020 | 10 | 9 | 11 |

6.4.1 Netto Contante Waarde profiel

In de onderstaande tabel werden wederom de percentielwaardes bekomen voor het 20^{ste}, 80^{ste} en 50^{ste} percentiel. De NCW tussen het 20^{ste} en 80^{ste} percentiel vertegenwoordigen zoals steeds 60% van de mogelijkheden. Er vallen slechts verwaarloosbare verschillen op te merken met de eerder uitgevoerde simulaties, waar de minimumprijs van GSC niet werd opgenomen als variabele. Ook al is er gekozen voor een uniforme kansverdeling, zelfs in de beginperiodes waar het interval nog breed is, wijken de resultaten slechts in minieme mate af van de eerder uitgevoerde simulaties. Dit kan een aanduiding zijn voor de robuustheid van de bekomen resultaten.

Aangezien er geen echte verschillen zijn op te merken wordt er niet nogmaals dieper ingegaan op het NCW profiel. Voor de bespreking hiervan wordt verwezen naar de eerste simulatie van deze analyse (zie Paragraaf 6.1.1) of naar de scenario analyse (zie Hoofdstuk 4) waar gelijkaardige bevindingen werden gedaan. De 'contribution to variance' die vervolgens besproken wordt, is

eerder van belang om inzicht te scheppen in de relevantie van de GSC bij het verklaren van de sensitiviteit van de Netto Contante Waarde.

Tabel 13: Netto Contante Waardes Simulatie 3

| | P-80 | P-20 | Mediaan |
|-------------|-------------|-------------|----------------|
| 2010 | 2.974,08 | 2.282,65 | 2.623,77 |
| 2011 | 3.003,48 | 2.345,57 | 2.673,60 |
| 2012 | 3.007,23 | 2.366,30 | 2.690,88 |
| 2013 | 3.014,82 | 2.350,88 | 2.681,71 |
| 2014 | 2.669,40 | 1.978,95 | 2.323,52 |
| 2015 | 2.313,46 | 1.585,26 | 1.959,41 |
| 2016 | 1.941,52 | 1.154,62 | 1.570,30 |
| 2017 | 1.561,25 | 727,94 | 1.164,19 |
| 2018 | 1.174,56 | 285,08 | 750,80 |
| 2019 | 761,38 | -180,01 | 323,89 |
| 2020 | 335,34 | -649,42 | -117,02 |

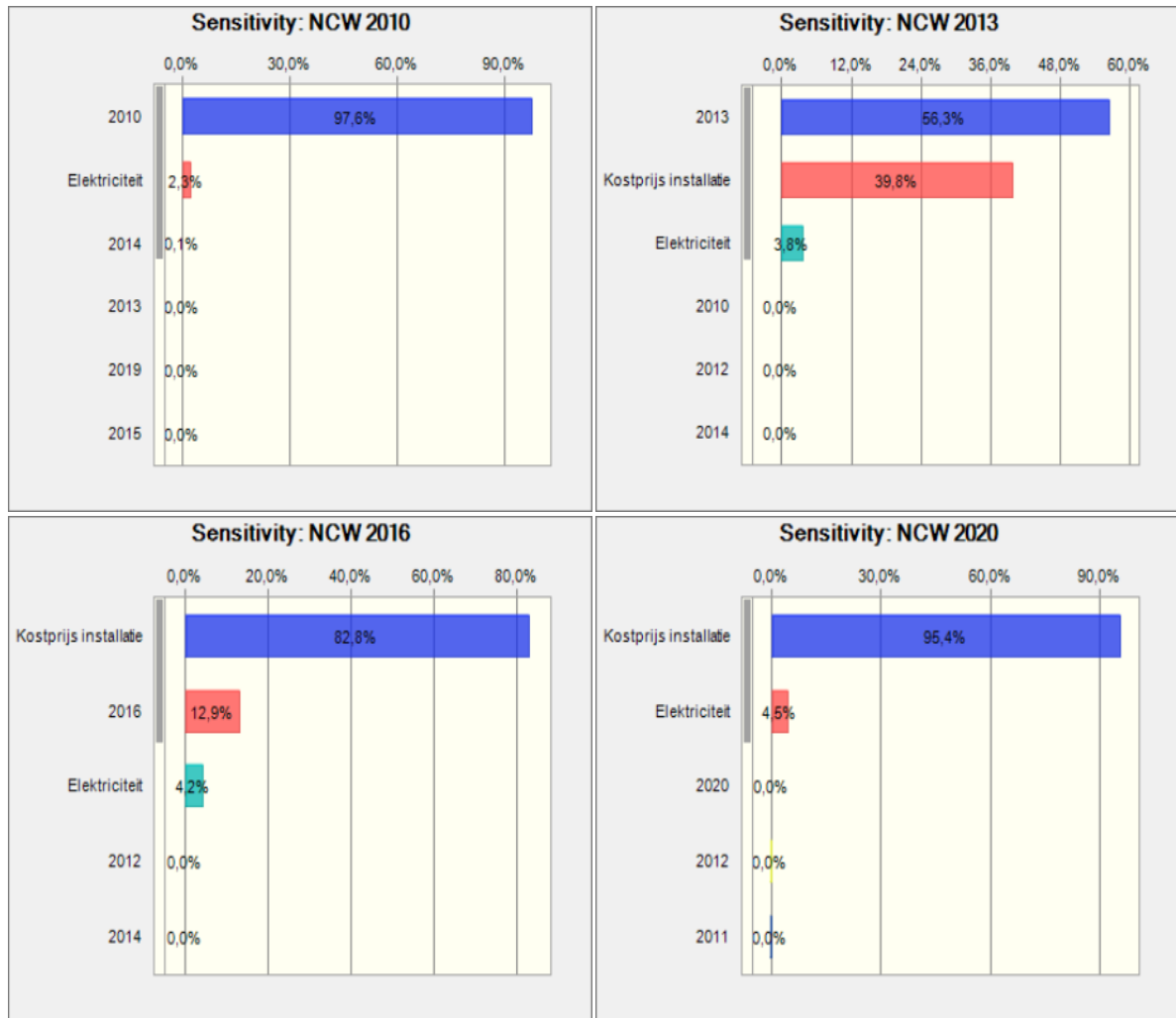
6.4.2 Contribution to variance

Hieronder zijn voor dezelfde vier periodes als in de vorige simulaties de sensitiviteitsdiagrammen opgenomen. De diagrammen voor de andere investeringsperiodes zijn wederom volledig terug te vinden in de bijlagen (zie Bijlage 4). Zoals gezegd verandert het interval van de groenestroomcertificaten afhankelijk van de vooropgestelde daling in de minimumprijs (zie Tabel 12). In de simulatie uit zich dit in telkens een andere parameter voor de groenestroomcertificaten per investeringsperiode. De parameterwaarde van de groenestroomcertificaten worden telkens weergegeven door de desbetreffende investeringsperiode. Bijvoorbeeld voor de investeringsperiode 2010 varieert de parameter binnen het interval [315, 385] zoals te lezen is in Tabel 12, in de simulatie wordt deze parameter dan weergegeven door '2010'. Voor de volgende periodes is dit analoog bepaald.

De resultaten geven een kijk op de impact die de groenestroomcertificaten hebben op de NCW voor ieder investeringsjaar. Voor 2010 is nagenoeg al de gevoeligheid van de NCW toe te schrijven aan de groenestroomcertificaten, uitgedrukt door de parameter '2010'. Naar latere investeringsperiodes valt een daling op te merken in het deel van de variantie van de NCW dat door de GSC verklaard wordt. Dit is vergelijkbaar met de discontovoet in bij de eerste simulatie. De sensitiviteit van de NCW tegenover de minimumprijs van de GSC kan hier echter verklaard worden door het grotere interval waartussen de variabele kan liggen in de beginperiodes tegenover de latere periodes van indienstname. Dit omdat er gekozen is voor een interval met benedengrens van -10% en een bovengrens +10% van de waarde van de minimumprijs van de GSC per investeringsperiode. Omdat de minimumprijs daalt in latere periodes wordt bijgevolg ook het interval compacter. Dit

leidt tot minder 'contribution to variance' vanwege de GSC. Het duidt echter wel het overgrote belang aan van de groenestroomcertificaten in de beginperiodes.

Verder krijgen we tevens dezelfde ontwikkeling voor de kostendaling van de installatie die in sterke mate toeneemt. Ook de prijsstijging van de elektriciteit neemt aan belang toe, maar minder fors dan de installatiekost. Deze bevindingen zijn gelijk aan deze van Simulatie 1.



Figuur 10: Simulatie 3 Contribution to variance charts

Omdat deze diagrammen niet het volledige verhaal vertellen omwille van het krimpende interval met als gevolg ook de dalende bijdrage in de sensitiviteit van de GSC, zijn in de volgende paragraaf ook de resultaten opgenomen waarbij gebruik wordt gemaakt van een vast interval voor de GSC.

6.5 Simulatie 4: Driehoeksverdeling, vast interval

Voor de tweede simulatie is gekozen voor een vast interval om de impact van de minimumprijs om de verklaring van de variantie van de Netto Contante waarde te tonen. Omdat een vast interval voor iedere investeringsperiode eenzelfde impact mogelijk maakt op de NCW werpt deze simulatie een nieuw licht op de sensitiviteit ten gevolge van de GSC. De parameterwaarden voor de groenestroomcertificaten zijn per investeringsperiode wederom weergegeven door het desbetreffende jaartal, nl. '2010' voor de minimumprijs van de groenestroomcertificaten bij indienstname in 2010 enz.

De intervalwaarden zijn bepaald op basis van de breakeven analyse. De benedengrens voor het interval is de afgeronde waarde van de breakeven prijs van groenestroomcertificaten voor het investeringsjaar 2020. De bovengrens is afgerond op basis van de breakeven prijs van 2010. Deze zijn respectievelijk de laagste en hoogste waarde voor GSC die bekomen werden vanuit de breakeven analyse. Zo bekomen we een vast interval van [20,190]. Dit interval is veel compacter dan wanneer de minimum- en maximumwaarde van de gegarandeerde minimumprijs van GSC zou gekozen worden, resp. 10€ en 350€. Op deze manier wordt de flexibiliteit van de GSC in de nodige mate getemperd. Aangezien er een driehoeksverdeling gehanteerd wordt, is de meest waarschijnlijke waarde zoals steeds de mediaanwaarde, hier 105€.

6.5.1 Netto Contante Waarde profiel

Tabel 14: Netto Contante Waardes Simulatie 4

| | P - 80 | P - 20 | Mediaan |
|-------------|----------|-----------|-----------|
| 2010 | -898,47 | -1.919,42 | -1.413,68 |
| 2011 | -523,72 | -1.562,74 | -1.043,86 |
| 2012 | -149,85 | -1.231,15 | -697,14 |
| 2013 | 174,28 | -934,81 | -379,27 |
| 2014 | 487,15 | -652,25 | -81,17 |
| 2015 | 804,82 | -394,08 | 222,44 |
| 2016 | 1.094,21 | -126,93 | 482,60 |
| 2017 | 1.366,83 | 89,09 | 744,25 |
| 2018 | 1.637,20 | 340,89 | 990,34 |
| 2019 | 1.887,80 | 522,11 | 1.217,75 |
| 2020 | 2.098,22 | 720,03 | 1.438,30 |

De bekomen Netto Contante Waardes voor de mediaan, het 20^{ste} en 80^{ste} percentiel zijn als eerder weergegeven in onderstaande Tabel 14. Het valt meteen op hoe de NCW per investeringsperiode een ander stramien volgen dan hiervoor. In de beginperiodes wordt er vertrokken van sterk negatieve waardes. In latere periodes is er een overgang naar positieve resultaten. Dit is te

verklaren door het vaste interval. Aangezien er in de beginperiodes zich nog weinig of geen ontwikkelingen in de markt hebben voorgedaan, heeft het brede interval een negatief effect op de NCW. In deze periode is een hoge minimumprijs voor GSC vereist, de mogelijkheid op lage GSC uit zich in negatieve NCW.

De overgang naar positieve NCW is analoog te verklaren. In latere periodes hebben de marktontwikkelingen een positief effect gehad op de rendabiliteit, hier ligt de benedengrens zelfs boven de breakeven waarde vanwege afronding, waardoor de NCW positief zijn.

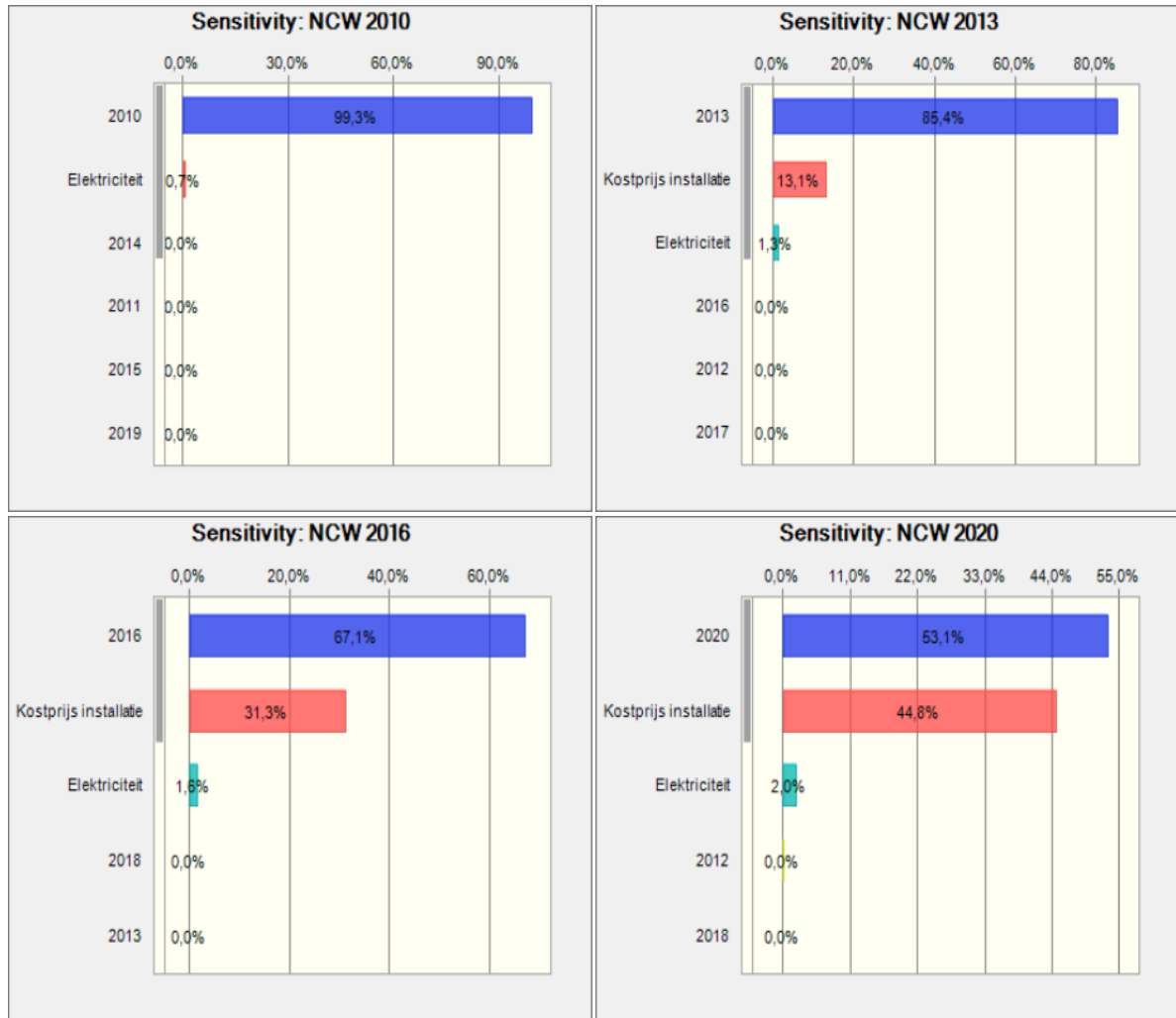
6.5.2 *Contribution to Variance*

In onderstaande figuren zijn zoals gewoonlijk de bijdragen aan de variantie van de NCW voor investeringsjaar 2010, 2013, 2016 en 2020 af te lezen. De overige sensitiviteitsdiagrammen zijn zoals steeds niet opgenomen in de tekst om het overzicht te vrijwaren, maar zijn wel volledig te raadplegen in de bijlagen (zie Bijlage 5).

Voor 2020 valt meteen op dat de GSC nog steeds meer dan de helft van de variantie in de NCW verklaart. Dit staat in sterk contrast met de vorige simulatie waarbij het interval in 2020 nog maar een beperkte grootte had. Hier had de GSC variabele in 2020 geen enkele bijdrage meer tot de sensitiviteit van de NCW. Er valt wel een daling van de impact op te merken voor de GSC, maar deze is niet zo drastisch als voorheen in Simulatie 3. Dit heeft alles te maken met het vaste interval waarbinnen de GSC in deze simulatie kan veranderen.

Dit duidt erop dat de intervalkeuze zoals verwacht sterk bepalend is voor de weerslag die de GSC heeft op de sensitiviteit van de NCW en wijst op het belang van de minimumprijs van de GSC in de verklaring van de Netto Contante Waarde. Immers een verandering in de assumptie van de GSC als variabele brengt heel wat veranderingen van de bekomen resultaten met zich mee. Zoals vermoed is de minimumprijs van de groenestroomcertificaten een belangrijk instrument voor het bepalen van de winstgevendheid van de investering. Hoewel het belang ervan afneemt, voornamelijk ten voordele van de prijsdaling van de installatie, blijft in de latere jaren de impact van de GSC het hoogst in de verklaring van de NCW.

Het stijgend belang van de marktontwikkelingen, uitgedrukt door de variabelen 'Elektriciteitsprijs' en 'Kostprijs installatie', die zoals vertrouwd respectievelijk de jaarlijkse procentuele prijsstijging van de elektriciteit en de procentuele daling van de installatiekost per jaar vertegenwoordigen, duidt erop dat de markt in latere periodes een inhaalbeweging doet om te compenseren voor de dalende minimumprijzen. Deze positieve invloeden op de NCW, voornamelijk door de jaarlijkse daling in de kostprijs van zonnepanelen, blijven echter kleiner dan de invloed van de groenestroomcertificaten op de NCW. Dit wijst op het overgrote belang van deze parameter en bijgevolg de voorzichtigheid die geboden is bij het manipuleren van de waarde ervan.



Figuur 11: Simulatie 4 Contribution to variance charts

Als beleidsmaatregel voor de stimulering van investeringen in zonnepanelen is de GSC duidelijk een uitstekend middel. Het beïnvloedt sterk de rendabiliteit van de investering en is makkelijk aan te passen door middel van beleid. Zoals ook in het volgende hoofdstuk besproken wordt is de aanpassing van de minimumprijzen voor GSC uit zonne-energie momenteel een hot item. In het volgende hoofdstuk wordt de nodige aandacht geschonken van de invloed van aanpassingen in de gegarandeerde minimumprijzen op de rendabiliteit van de investering.

6.6 Conclusie

De meest opvallende bevinding is het sterke belang van de prijsdaling van de PV-installatie. Deze variabele kwam na een aantal investeringsperiodes steeds uit als één van de, ofwel dé belangrijkste variabele in het verklaren van de variantie van de NCW. Dit is een interessante bevinding vermits een daling in de minimumprijs van groenestroomcertificaten bedoeld is gecompenseerd te worden door een daling in de marktprijzen van de zonnepanelen. Een daling in

overheidssteun moet druk leggen op de industrie om de prijzen af te stellen om tot een minder gereguleerde markt te komen. De resultaten van deze sensitiviteitsanalyse tonen aan dat dit mogelijk is aangezien deze variabele veel van de variantie in de NCW verklaart.

Het sterk aanhoudend belang van de groenestroomcertificaten in Simulatie 4 wijst erop dat een hoge minimumprijs niet de nodige prikkel geeft aan een prijsdaling van de installatie. Bij een daling van de minimumprijzen, zoals in Simulatie 3 is opgelegd, is er een overgang te zien waar de prijs van de PV-installatie de belangrijkste variabele wordt in het verklaren van de rendabiliteit. Dit leidt tot de nodige stimulans om de prijzen naar beneden aan te passen.

Een belangrijke opmerking hierbij is dat prijsdalingen binnen het mogelijke moeten liggen. Indien de minimumprijzen te snel dalen, leidt dit uiteindelijk tot een stopzetting in investeringen in de technologie wat op lange termijn een grotere kost kan betekenen voor de samenleving (Albrecht, 2006). Zoals gezien in de NCW profielen van de eerste simulatie (zie Paragraaf 6.1.1) eindigt de investering in een gebied waar ze niet meer rendabel is. Dit duidt erop dat de prijsdaling te sterk is en zou resulteren in de stopzetting van particuliere investeerders. Bij de noodzaak dat de overheid de nodige stimulering moet voorzien om de investering in zonnepanelen aan te moedigen is het huidige dalingspatroon bijgevolg te sterk, zodat de markt er niet tijdig voor kan compenseren. Rekening houdend met de marktwaarde van de GSC wordt deze tekortkoming in een ander daglicht geplaatst. De marktwaarde van de groenestroomcertificaten bedraagt momenteel 107 EUR per certificaat (VEA, 2011). Het gevolg hiervan is dat de curve van het NCW-profiel na 2017 zal stagneren indien de huidige marktprijs tot dat jaar onveranderd blijft, zoals is uitgelegd in 4.3. Bijgevolg is er geen periode waarbij de investering in een niet rendabele zone terecht komt, maar is er wel een overgang van een door de overheid gestimuleerde, naar een door marktontwikkelingen gestimuleerde techniek. Deze bevinding pleit in het voordeel van het patroon waarop de minimumprijzen op heden dalen. De verandering in het dalingspatroon van de gegarandeerde minimumprijzen wordt in het volgende hoofdstuk besproken.

Hoofdstuk 7: Herziening minimumprijzen groenestroomcertificaten

7.1 Inleiding

Zoals in de literatuurstudie reeds besproken is (zie Paragraaf 1.2), wordt er een veranderde daling in minimumprijzen voorgesteld door de Vlaamse overheid. De Vlaamse distributienetbeheerders hebben een opkoopverplichting van de groenestroomcertificaten aan de gegarandeerde minimumprijs, dit wordt vormt een kost als de minimumprijs boven de marktprijs ligt en wordt opgenomen in de nettarieven (CREG, 2010). De hoge steun door middel van premies en groenestroomcertificaten voor zonne-energie zou door het grote succes de voorziene geldmiddelen hiervoor te snel uitputten. Bijgevolg moeten er nieuwe geldmiddelen voorzien worden om te voorzien in de uitbetaling van groenestroomcertificaten. Dit zou het elektriciteitsstarief van iedere Vlaming met 6€ per maand verhogen (Eandis, 2011). In de literatuurstudie werd deze kennisgeving reeds genuanceerd door BelPV (2010). Zij beweren dat de stijging niet zo omvangrijk hoeft te zijn als Eandis voorstelt. Deze discussie gaat onmiskenbaar nauw samen met de resultaten van dit onderzoek. Toch kan de herziening voor de gegarandeerde minimumprijzen van GSC die door de overheid wordt voorgelegd buiten dit debat onderzocht worden. Een daling in de minimumprijs is op termijn een vereiste om over te gaan van een gesteunde markt naar een gezonde, op zichzelf steunende technologie. Een daling in de groenestroomcertificaten verlicht in ieder geval de druk op de verhoging van elektriciteitsprijzen voor de eindgebruiker.

In een ontwerp van wijziging tot Energiedecreet van 8 mei 2009 is de geplande nieuwe daling van de minimumprijzen terug te vinden (Vlaamse parlement, 2011). Voor particulieren houdt dit een installatie in met een piekvermogen van kleiner dan 1 MW. De gegarandeerde minimumprijzen hiervoor zijn in Tabel 15 opgenomen.

Het belangrijkste verschil met de tot hiertoe gehanteerde minimumprijzen zijn de meerdere verlagingen binnen één jaar. Eerder werd er vanaf 2010 steeds een daling doorgevoerd om het jaar. Onder de nieuwe omstandigheden kunnen er binnen een jaar meerdere dalingen worden geïmplementeerd. Dit heeft tot gevolg dat de minimumprijzen aan versneld tempo zullen dalen. Doordat er niet meer jaarlijks een verandering in de minimumprijzen plaatsgrijpt, heeft dit ook gevolgen voor de groeipercentages van de elektriciteitsprijs en de kostprijs van de installatie. Deze werden immers ook op jaarbasis doorgerekend. Wanneer er meerdere dalingen in de gegarandeerde minimumprijzen zijn binnen een jaar zal dit in die tijd niet gecompenseerd kunnen worden door een prijsdaling van de investering of een stijging in de elektriciteitsprijs. De veronderstelling van een jaarlijks groeipercentage voor de twee veranderlijken blijft dus van kracht.

Tabel 15: Minimumprijzen groenestroomcertificaten herziende daling

| Periode van indienstname | Herziening GSC prijs (€) |
|--------------------------|--------------------------|
| 2010 | 350 |
| 1/1/2011-31/3/2011 | 330 |
| 1/4/2011-30/6/2011 | 310 |
| 1/7/2011-30/9/2011 | 290 |
| 1/10/2011-31/12/2011 | 270 |
| 1/1/2012-31/3/2012 | 250 |
| 1/4/2012-30/6/2012 | 230 |
| 1/7/2012-30/9/2012 | 210 |
| 2013 | 190 |
| 2014 | 150 |
| 2015 | 110 |
| Vanaf 2016 | 90 |

In dit hoofdstuk wordt voor het veranderde dalingspatroon enkel een sensitiviteitsanalyse uitgevoerd. Er is afgezien van de scenario analyse en de breakeven analyse voor dit veranderde dalingspatroon. De bekomen resultaten waren steeds vergelijkbaar en leidden tot dezelfde conclusies. De vergelijking tussen de drie methodes voor investeringsanalyse toont bijgevolg voldoende robuustheid tussen de resultaten aan. Dit laat toe om voor dit hoofdstuk enkel de resultaten van de sensitiviteitsanalyse te beschouwen. Deze analysemethode biedt bovendien de meest bruikbare inzichten en bijkomende informatie over de bijdrage tot de variantie van de NCW per variabele. Er worden twee simulaties besproken die analoog zijn aan de eerder uitgevoerde Simulatie 1 en 4. De simulatie analoog aan Simulatie 2 wordt niet opnieuw uitgevoerd omdat hier enkel de onderlinge relatie tussen de elektriciteitsprijs en de kostprijs van de PV-installatie werd onderzocht. Deze relatie zal niet veranderen wanneer enkel het tempo van de daling van de minimumprijzen voor GSC versnelt. De simulatie vergelijkbaar met de 3^{de} wordt ook niet opnieuw uitgevoerd omdat deze resultaten in slechts in zeer beperkte mate afwijken van deze bekomen in Simulatie 1. Het volstaat hier om twee simulaties te bekijken die een verschillende kijk op de zaak bieden.

7.2 Simulatie 5: Prijsstijging elektriciteit, Kostendaling installatie, Discontovoet

Deze simulatie heeft, zoals de titel laat uitschijnen, dezelfde drie variabelen als Simulatie 1. Het is ook de bedoeling om de bekomen resultaten langs deze van Simulatie 1 te leggen om het effect van de veranderde daling te achterhalen. Bijgevolg zijn de assumpties voor deze parameters dezelfde als voorheen (zie Paragraaf 6.1). Hieronder zijn de NCW voor de mediaan, het 20^{ste} en

80^{ste} percentiel te raadplegen in een reeds vertrouwde tabel samen met het bijbehorende NCW-profiel grafisch afgebeeld in Figuur 12.

7.2.1 Netto Contante Waarde profiel

Er zijn meteen grote verschillen op te merken tijdens het vergelijken van de NCW profielen. Er is echter de nodige voorzichtigheid geboden bij de vergelijking omdat de tijdsas niet dezelfde schaalverdeling heeft. Dit heeft alles te maken met de meerdere dalingen die binnen een jaar worden geïmplementeerd.

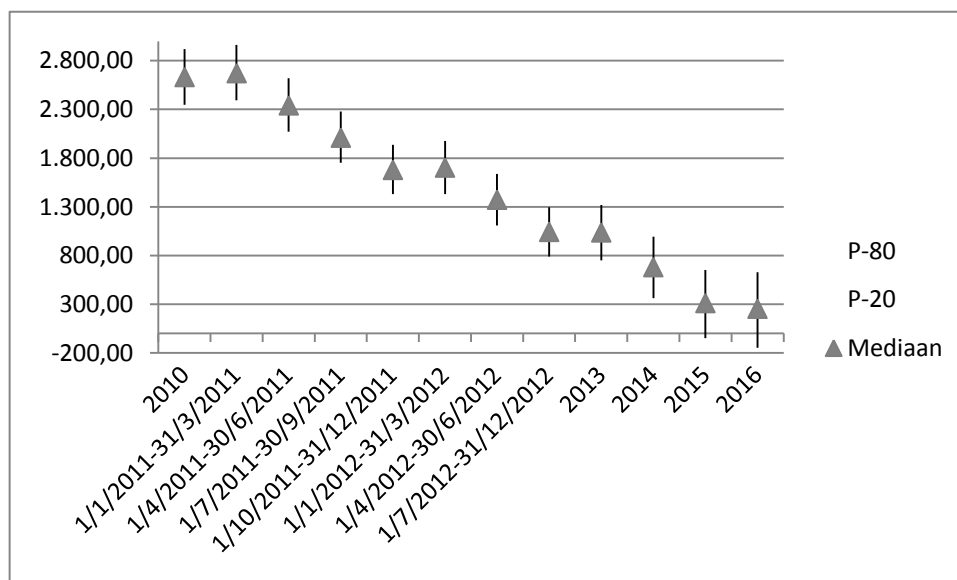
Tabel 16: Simulatie 5 Netto Contante Waardes

| | P-80 | P-20 | Mediaan |
|-----------------------------|----------|----------|----------|
| 2010 | 2.920,93 | 2.345,96 | 2.633,84 |
| 1/1/2011-31/3/2011 | 2.960,99 | 2.392,65 | 2.673,51 |
| 1/4/2011-30/6/2011 | 2.620,02 | 2.071,83 | 2.342,39 |
| 1/7/2011-30/9/2011 | 2.278,26 | 1.751,47 | 2.010,41 |
| 1/10/2011-31/12/2011 | 1.937,69 | 1.430,71 | 1.679,04 |
| 1/1/2012-31/3/2012 | 1.976,08 | 1.431,87 | 1.703,14 |
| 1/4/2012-30/6/2012 | 1.636,53 | 1.109,59 | 1.372,61 |
| 1/7/2012-31/12/2012 | 1.296,16 | 788,61 | 1.042,13 |
| 2013 | 1.319,21 | 750,69 | 1.036,61 |
| 2014 | 993,46 | 360,71 | 679,85 |
| 2015 | 652,19 | -49,16 | 310,34 |
| 2016 | 627,33 | -146,73 | 252,58 |

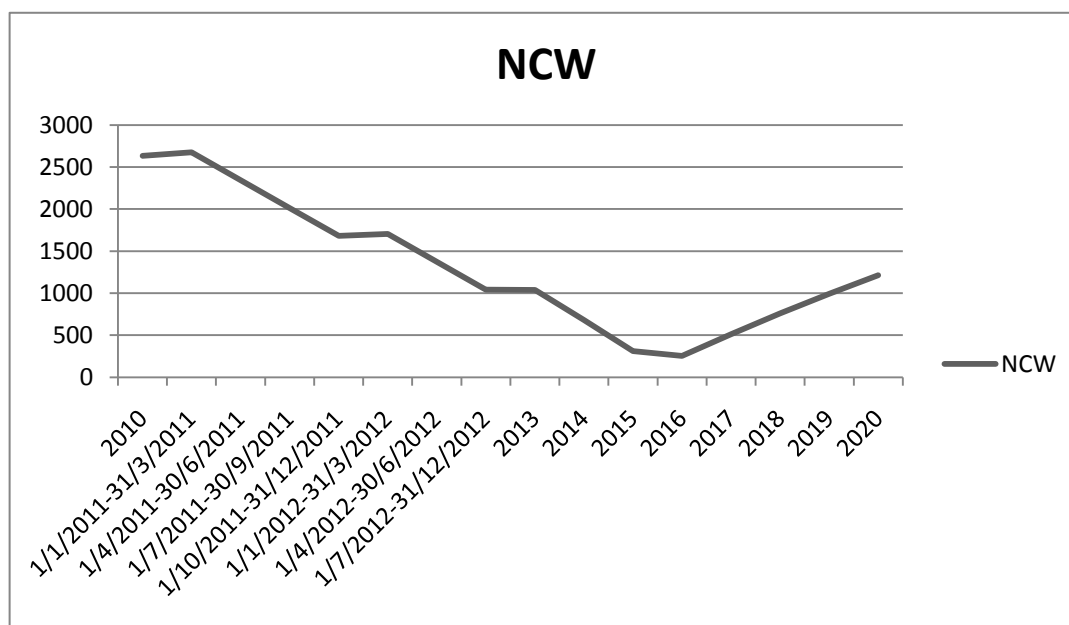
In de investeringsperiodes waarbij er meerdere dalingen in minimumprijs worden doorgevoerd binnen één jaar is een duidelijke knik in de curve waar te nemen. Dit gebeurt telkens bij de overgang naar een volgend jaar waar de marktontwikkelingen een inhaalbeweging trachten te maken om te compenseren voor de daling in de baten vanwege de verminderde minimumprijs die ontvangen wordt per GSC. Het is duidelijk dat de markt het tempo van de dalende GSC niet kan bijhouden, dit resulteert in een dalend verloop van de NCW over al de beschouwde investeringsperiodes heen. Dit was in Simulatie 1 anders, hier was er voor de eerste investeringsperiodes een stijgende trend op te merken die overging in een dalend patroon voor de NCW en eindigde met een negatieve winstgevendheid. Onder de versnelde daling van de minimumprijzen daalt de NCW al vanaf de eerste investeringsperiode, toch belandt de investering niet in een zone waar ze niet meer winstgevend is. Enkel voor de 20^{ste} percentielwaardes is er in de laatste twee investeringsperiodes een negatieve NCW op te merken. Dit staat in contrast met Simulatie 1 waarbij de mediaanwaarde voor de laatste investeringsperiode negatief bleek te zijn. Onder het herziene dalingspatroon voor de minimumprijzen daalt de gegarandeerde prijs van GSC

sneller, maar stagneert bij 90€ per GSC, dit leidt ertoe dat de markt voldoende kan evolueren in positieve zin om te compenseren voor de daling in GSC.

Omdat er vanaf 2016 geen daling in de minimumprijs van GSC meer gepland is, is het interessant om na te gaan hoe de NCW evolueert in de periodes volgend op de daling. Dit verloop van de NCW is in onderstaande grafiek te beschouwen (zie Figuur 13).



Figuur 12: Simulatie 5 Netto Contante Waarde profiel



Figuur 13: Simulatie 5 Netto Contante Waarde profiel uitgebreid

Er is duidelijk te zien hoe de marktontwikkelingen de NCW na de stagnering van de GSC minimumprijs terug doen stijgen. De vraag is echter in welke mate de markt gemotiveerd blijft om na de stagnatie van de GSC een kostendaling in de installatie door te voeren. Wellicht zal het stijgend verloop van het NCW-profiel niet zo uitgesproken zijn.

Voor het verhaal van Simulatie 1 waarbij de NCW in 2020 in een negatieve zone uitkomt, zou op gelijkaardige wijze ook een evolutie naar positieve NCW plaatsvinden na 2020. Er is echter onzekerheid omtrent de marktontwikkelingen. Is het mogelijk om gedurende meer dan 10 jaar een jaarlijkse prijsdaling van 6% te realiseren? Deze vraag kan onmogelijk met zekerheid beantwoord worden. Wel is het duidelijk dat er in de situatie met het dalingspatroon dat momenteel nog van kracht is meer stimulans bestaat voor de prijs om te dalen. Indien de prijsdaling over meer dan 10 jaar niet mogelijk is, zal het herziene dalingspatroon beter zijn om investeringen te blijven garanderen. Vanuit het oogpunt om voldoende prikkels te bieden om de installatiekost te doen dalen is het dan weer niet aan te raden om te stoppen bij een minimumprijs van 90€.

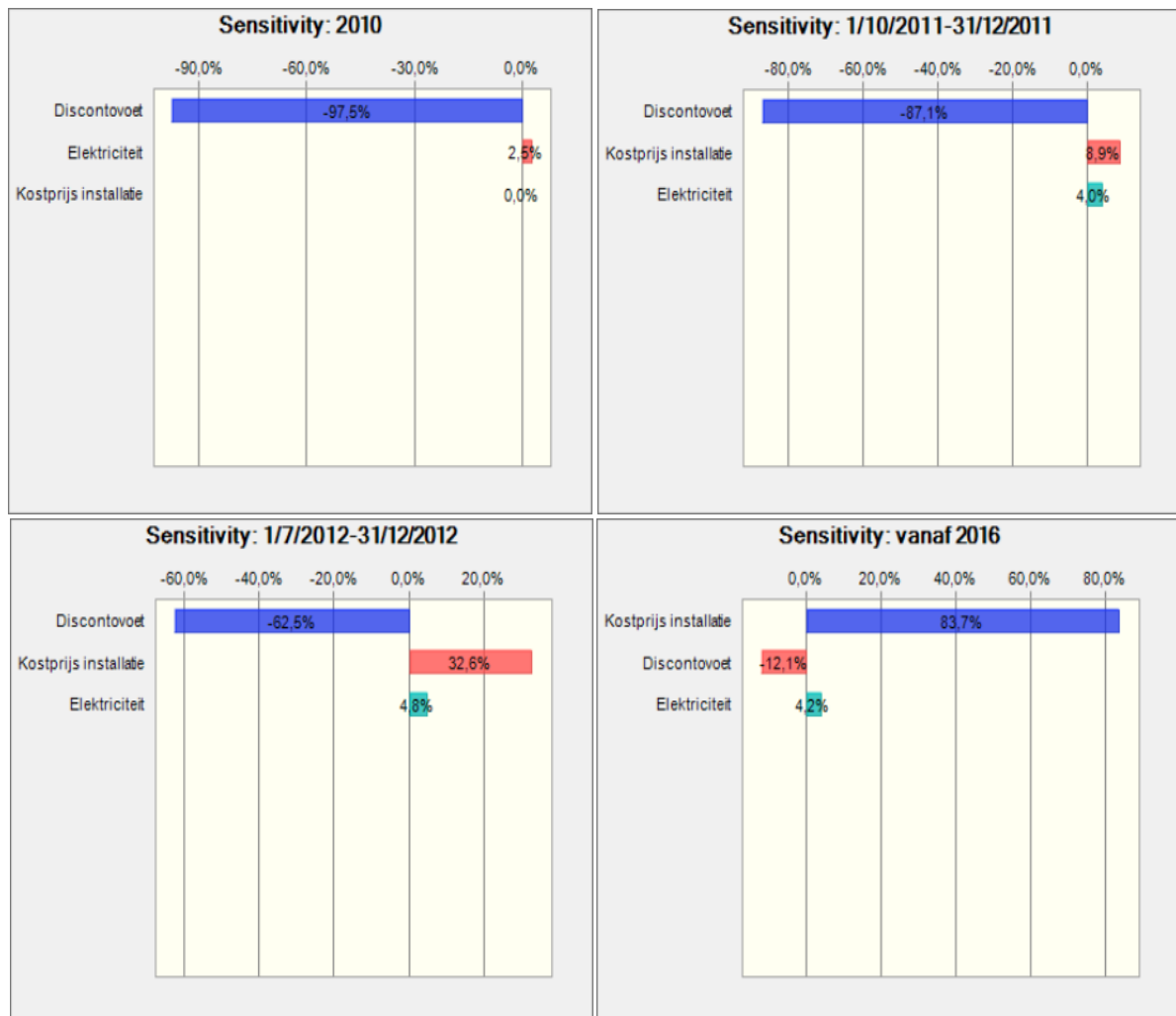
De laatste opmerking is echter niet van toepassing als de marktwaarde van de GSC groter of gelijk blijft aan de huidige waarde van 107 EUR per certificaat (VEA, 2011). In dat geval zal er in het veranderde dalingspatroon al vanaf 2016 een overschakeling zijn van de gegarandeerde minimumprijzen naar de marktprijzen voor de groenestroomcertificaten. Dit betekent dat de PV-techniek in Vlaanderen twee jaar vroeger overschakelt van een door de overheid gesteunde naar een marktgestimuleerde technologie.

7.2.2 Contribution to variance

Voor het nieuwe dalingspatroon van de GSC kunnen niet de gebruikelijke vier investeringsperiodes getoond worden, maar om de evolutie weer te geven zijn er naar analogie vier andere investeringsperiodes hieronder afgebeeld. De overige investeringsperiodes zijn te vinden in Bijlage 6. De waarde van groenestroomcertificaten in 2010 worden in de simulatie nog steeds voorgesteld door '2010'. Wanneer de waarde van de minimumprijs van groenestroomcertificaten meerdere keren binnen één jaar verandert is dit in de simulatie aangegeven door de begin- en einddatum waartussen de minimumprijs van kracht is (zie Tabel 15). Bijvoorbeeld in de periode tussen 1 juli 2012 en 31 december 2012, wanneer de minimumprijs 210€ per certificaat bedraagt, wordt in de sensitiviteitsdiagrammen weergegeven door de parameter '1/7/2012-31/12/2012'. De jaartallen in de 'contribution to variance charts' staan bijgevolg telkens voor de bijbehorende waarde van de minimumprijs van de GSC.

Bij het vergelijken met de sensitiviteitsdiagrammen van Simulatie 1 valt het op dat de discontovoet in deze simulatie veel langer de belangrijkste variabele blijft in de bepaling van de variantie van de NCW. Dit is zo omdat de procentuele daling van de kostprijs van PV-panelen niet wordt

doorgerekend binnen een jaar, terwijl de minimumprijs wel daalt binnen de tijdspanne van één jaar. Enkel in de laatste investeringsperiode die hier staat afgebeeld is de kostprijs van de installatie veruit de belangrijkste variabele, terwijl dit voor Simulatie 1 veel sneller was. Zoals ook in uit het dalende NCW-profiel af te leiden is, blijkt uit de sensitiviteitsdiagrammen dat de marktontwikkelingen bij dit veranderd dalingspatroon niet genoeg kracht hebben om te compenseren voor de daling in minimumprijzen voor GSC. Indien de investeringsperiode 2016 van Simulatie 1 vergeleken wordt met deze van de huidige Simulatie 5, is het opmerkelijk dat de kostprijs van de installatie voor deze simulatie een belangrijkere rol speelt in de verklaring van de variantie van de NCW. Dit is ten koste van het belang van de discontovoet. De bijdrage van elektriciteit in de verklaring van de variantie is nagenoeg gelijk. Dit bevestigt dat een lagere GSC in 2016, zoals het geval is in Simulatie 5, meer bevoegdheid legt bij de marktontwikkelingen, voornamelijk de daling van de kostprijs van de installatie. Eerder werd al bevonden dat de kostprijs van de installatie de belangrijkste variabele is om de daling in GSC mee op te vangen.



Figuur 14: Simulatie 5 Contribution to variance charts

7.3 Simulatie 6: Prijsstijging elektriciteit, Kostendaling installatie, Minimumprijs groenestroomcertificaten

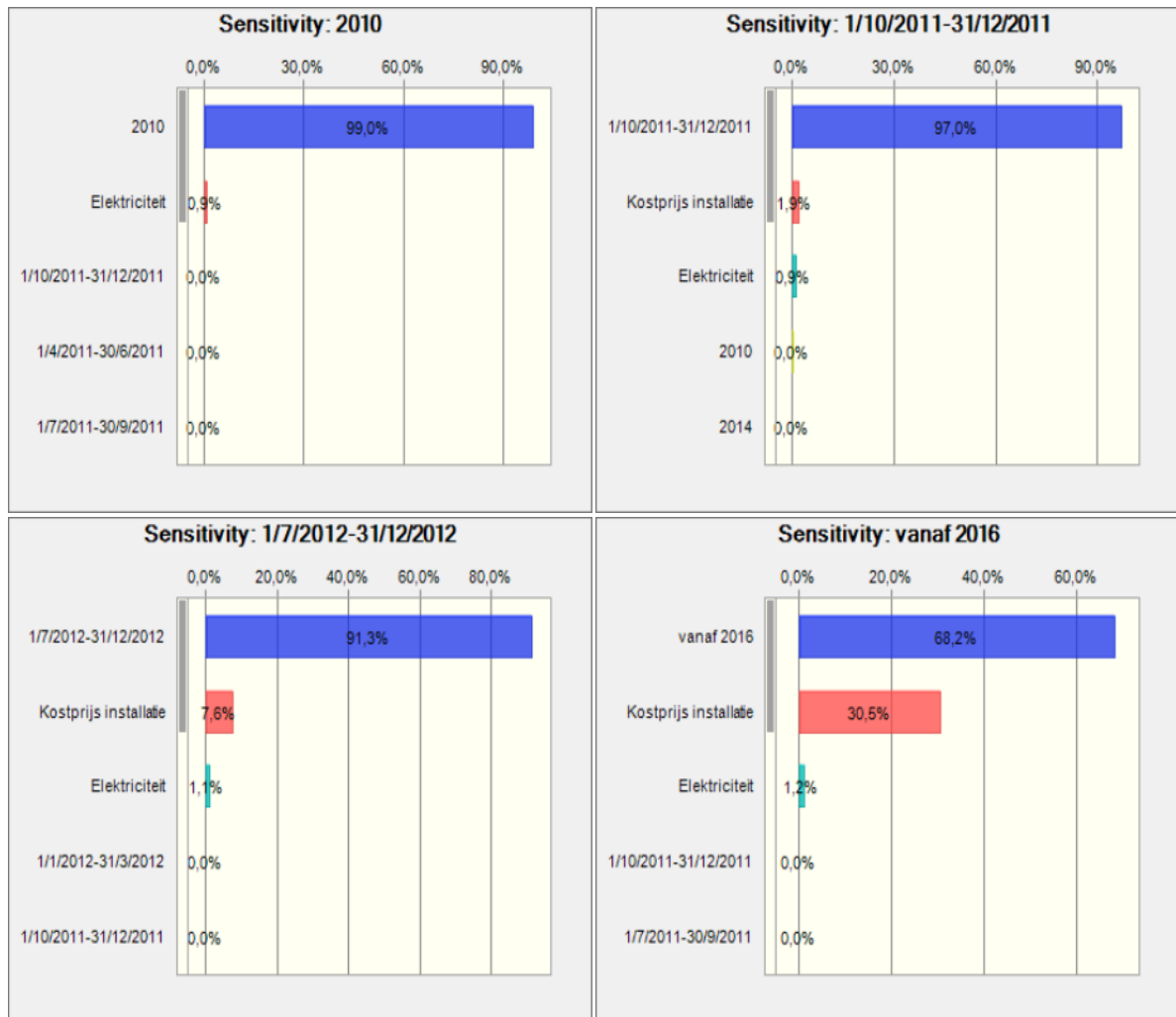
7.3.1 Driehoeksverdeling, vast interval

In deze paragraaf wordt wederom de inslag van GSC op de variantie van de NCW achterhaald. Er wordt enkel gesimuleerd met een triangulaire kansverdeling en een vast interval voor de groenestroomcertificaten omdat deze simulatie interessante nieuwe inzichten biedt (zie Paragraaf 6.5). De assumpties van de procentuele verandering van de prijs en de installatiekost op jaarbasis zijn zoals gewoonlijk bepaald (zie Paragraaf 6.1).

Er wordt even herinnerd aan de intervalkeuze uit de vorige analoge Simulatie 4 (zie 6.5). Voor Simulatie 4 werden de grenswaarden bepaald aan de hand van de laagste en hoogste breakeven waarden voor de minimumprijzen van GSC voor respectievelijk investeringsperiode 2020 en 2010. Aangezien de tijdshorizon hier anders is, de minimumprijs zakt immers over andere periodes en slechts t.e.m. investeringsperiode 2016, veranderen de breakeven waarden bijgevolg ook. Voor de bovengrens verandert er niets, de breakeven minimumprijs voor GSC in 2010 blijft afgerond gelijk aan 190€ per GSC. De benedengrens zal wel veranderen omdat de daling van de minimumprijzen totaal anders verloopt. Voor 2016 wordt voor het veranderde dalingspatroon in minimumprijzen voor GSC een afgeronde breakeven minimumprijs van 75€ per GSC bekomen. Indien deze grenzen naar analogie met Simulatie 4 zouden gekozen worden, met een benedengrens van 75€ per certificaat, betekent dit bijgevolg een verkleining van het interval. Dit zou de 'contribution to variance' van de GSC tegenover de NCW verlagen. Indien echter dezelfde intervalwaardes zouden gekozen worden als in Simulatie 4, met een benedengrens van 20€ per GSC, verandert dit weer het NCW profiel. Het NCW profiel van Simulatie 4 leverde weinig bruikbare extra inzichten (zie 6.5.1), bijgevolg worden de meest interessante bevindingen uit de 'contribution to variance charts' gehaald. Daarom wordt hier gekozen voor dezelfde intervalwaardes als simulatie 4, nl. [20,190]. Voor de driehoekskansverdeling betekent dit wederom dat de meest waarschijnlijke waarde de mediaanwaarde 105€ per GSC is. Op basis van deze assumpties wordt de Simulatie met 10000 trials uitgevoerd. Omwille van bovenvermelde assumpties wordt hieronder enkel de 'contribution to variance' bekeken.

7.3.2 Contribution to variance

Voor dezelfde vier periodes als bij Simulatie 5 zijn hieronder de sensitiviteitsdiagrammen weergegeven zoals deze verkregen werden via de Crystal Ball simulatie. Deze diagrammen geven een kijk op de evolutie van de mate waarin de variabelen bijdragen aan de variantie van de NCW. Voor de volledigheid zijn de overige periodes zoals gewoonlijk terug te vinden in de bijlage (zie Bijlage 7).



Figuur 15: Simulatie 6 Contribution to variance charts

Een erg opvallende vaststelling is het blijvend belang van de GSC in de verklaring van de sensitiviteit van de NCW per investeringsperiode. Zelfs tot de laatste periode waarin een daling is doorgevoerd blijft de minimumprijs van de GSC de belangrijkste variabele. Dit staat in schril contrast met de Simulatie 5, waarbij naar de eindperiodes van indienstname toe de kostprijs van de installatie de belangrijkste variabele werd. Bij de vergelijking met Simulatie 4 is er opvallend veel gelijkenis tussen investeringjaar 2016. Het belang van de GSC is voor beide simulaties

ongeveer gelijk aan 68%. Ook de overige variabelen hebben ongeveer dezelfde waarde voor deze investeringsperiode. Dit is verrassend aangezien GSC in beide simulaties een heel andere minimumprijs hebben. In Simulatie 4 daalt de invloed van de GSC bovendien na periode 2016 verder ten voordele van de installatiekost. Dit duidt erop dat in het herziene scenario van daling in de minimumprijs minder druk komt te liggen op de prijsdaling van de PV-panelen.

Verder is op te merken dat het belang van de GSC maar met mondjesmaat daalt in de periodes waar de minimumprijs met meer dan één keer per jaar daalt. Dit kan verklaard worden doordat de kostprijs op jaarbasis zakt, bijgevolg kan deze variabele niet snel genoeg evolueren om de dalende GSC bij te houden. Dit zou betekenen dat de impact van de groenestroomcertificaten de belangrijkste factor blijft in de bepaling van de NCW. Onder het huidige stramien van daling in minimumprijzen, zoals besproken in Simulatie 5 en 6, was er echter een sterkere daling van het belang van groenestroomcertificaten op te merken, wat meer pleit voor het huidige patroon indien het doel is af te stappen van een overheidsgesteunde technologie. In vergelijking is het veranderde dalingspatroon dus minder geschikt om druk te leggen op de prijsdaling van zonnepanelen om tot een gezondere marktgestimuleerde technologie te komen.

Deze bevindingen worden echter bijgesteld bij het rekening houden met de marktprijs van GSC. In dat geval wordt eenvoudigweg onder de veranderde daling van de minimumprijzen twee jaar eerder overgestapt naar een marktgestimuleerde technologie in vergelijking met het huidige tempo van daling in minimumprijzen (zie ook Paragraaf 6.6 en 7.2.1, laatste alinea).

7.4 Conclusie

Het dalingspatroon voor de minimumprijs van de GSC zal, zoals in het ontwerp van de wijziging van het decreet is voorgesteld, tot uiting komen in een versnelde daling van de NCW. De benedengrens van 90€ per GSC vanaf 2016, in vergelijking met 10 € per certificaat in 2020, zal echter minder pressie uitoefenen op de prijzen de installatiekost. Dit werd bekomen uit vergelijken van de resultaten van Simulatie 6 en 4. Hieruit blijkt dat 90€ een relatief hoge waarde blijkt voor de minimumprijzen, daar deze blijvend een sterke invloed hebben op de NCW in de sensitiviteitsdiagrammen. Vanuit dit perspectief lijkt een verdere daling aangewezen, zoals momenteel het geval is. Deze bevinding werd echter sterk genuanceerd door de marktprijzen van de groenestroomcertificaten mee in rekening te brengen (zie Paragraaf 7.2.1 en 0).

Eens de minimumprijs onder de marktprijs zakt, zal de particuliere producent echter verkiezen om de GSC tegen de marktprijs te verkopen. Dit betekent dat een verdere daling van de gegarandeerde minimumprijs onder de marktprijs voor GSC overbodig is. De marktprijs van de GSC bedraagt momenteel 107€ per GSC (VEA, 2011). In dit geval is de producent onverschillig voor een verdere daling onder 90€ per certificaat. De onzekerheid richt zich echter op de

toekomstige marktwaarde van de groenestroomcertificaten. Deze zal dus een grote rol spelen in de beoordeling van de grootte van de daling van de minimumprijzen voor GSC (zie Paragraaf 4.3).

Indien de bovenstaande bemerking in beraad wordt genomen, is de keuze voor het versnelde dalingspatroon te verantwoorden. De versnelde daling zal de onafhankelijkheid van overheidssteun met twee jaar versnellen, terwijl de investering in PV-panelen nog rendabel blijft. De rendabiliteit van een investering in zonnepanelen zal wel drastisch dalen gedurende de komende jaren, maar uit figuur 13 blijkt dat onder de aangenomen veronderstellingen de marktontwikkelingen voor de PV-techniek al snel weet te compenseren voor deze daling van overheidssteun.

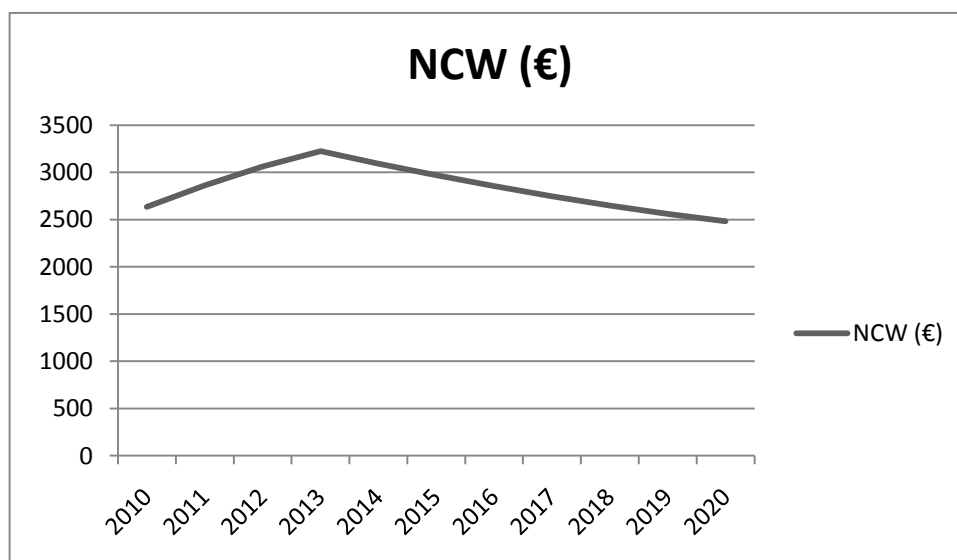
Verder blijkt de installatiekost wederom de belangrijkste variabele te zijn in de compensatie voor de minimumprijsdaling. Voor zowel Simulatie 5 als 6 blijft de bijdrage van elektriciteit in grote mate bescheiden, zoals ook in de vorige simulaties het geval was.

Hoofdstuk 8: Alternatieve investering

In dit hoofdstuk wordt rekening gehouden met de mogelijkheid om het investeringsbedrag dat in periode 2010 nodig is voor de investering in de vooropgestelde PV-installatie te beleggen in een alternatieve investering. Dit geeft het inzicht of de investeerder kan afwachten om in PV-panelen te investeren in anticipatie op dalende prijzen voor zonnepanelen of beter zo snel mogelijk investeert in zonnepanelen door in te spelen op de dalende minimumprijs van GSC.

8.1 Huidige minimumprijzen groenestroomcertificaten

Gebruik makend van de berekeningen uit 4.2.1 is de netto investeringskost bepaald op 6609,375€. Dit netto investeringsbedrag houdt rekening met de belastingvermindering en is het bedrag dat de investeerder in de eerste periode moet uitgeven. Bijgevolg is het ook dit bedrag dat hij in een andere belegging zou kunnen investeren. Voor iedere periode na 2010 wordt er voor dit bedrag jaarlijks een rendement verwacht. Voor de eenvoud wordt er vanuit gegaan dat het desbetreffende bedrag wordt uitgezet tegen een jaarlijkse intrest van 5%. Deze intresten op het investeringsbedrag hebben een cumulatief effect doorheen de jaren. De gecumuleerde intresten in iedere periode worden opgeteld met de NCW van de investering van dezelfde periode. Dit gehele bedrag wordt steeds verdisconteerd naar periode 2010 aangezien dit het jaartal is waarin de investeerder de beslissing zou maken om te investeren in zonnepanelen of een andere belegging zou verkiezen. In de onderstaande figuur is resulterende profiel te beschouwen rekening houdend met het daling van minimumprijzen zoals van kracht ten tijde van dit werk. Verder in dit hoofdstuk wordt ook het veranderde dalingspatroon voor de minimumprijzen onder de loep genomen.



Figuur 16: Netto contante waarde profiel alternatieve investering

Er rest nog een opmerking in verband met de alternatieve investering. Eens de investeerder kiest om te investeren in zonnepanelen, zal hij niet meer de mogelijkheid hebben om verder te beleggen in de andere investering. Ook al is het in de praktijk misschien wel mogelijk, aangezien er nog geldmiddelen over zouden zijn vanwege de intrest en daling in de prijs van zonnepanelen, wordt hier verondersteld dat de particulier afziet van verdere investering in de alternatieve belegging eens er gekozen is om in zonnepanelen te beleggen. Dit om vertekening van verdere inkomsten vanwege de alternatieve investering te voorkomen. De verdere inkomsten van de andere belegging zou teveel gewicht leggen bij de rendabiliteit van deze alternatieve investering en zou de gewenste resultaten vertroebelen

Opmerkelijk is het stijgende patroon in de beginperiodes gevolgd door een daling in de latere periodes. Dit betekent dat het uitstellen van de investering na 2013 terug minder interessant wordt. De NCW zijn hier echter opvallend hoger dan de eerder Netto Contante Waarden beoordeeld in de vorige hoofdstukken. Zeker in 2013 is de NCW opvallend gunstig. Dit is eigenlijk logisch aangezien nu in principe de NCW van twee beleggingen worden opgeteld. Een kanttekening die hierbij dient gemaakt te worden is de vereiste voor een andere investering met een jaarlijks rendement van 5%. Indien men over deze mogelijkheid beschikt is het zeker aan te raden om de investering in PV-panelen uit te stellen en te anticiperen de marktontwikkelingen die een positieve invloed op de investering in zonnepanelen hebben.

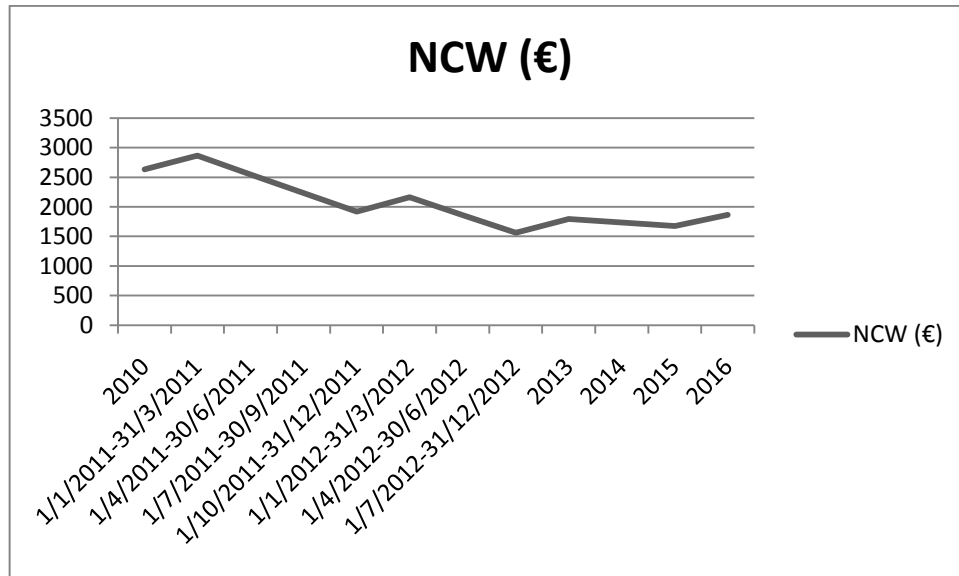
Er valt enige overeenkomst vast te stellen met de eerder bekomen NCW-profielen voor dezelfde daling in de minimumprijzen. De stijging van de curve van periode 2010 t.e.m. 2013 zoals te zien is in Figuur 16, werd eerder al opgemerkt in Figuur 56 (zie Paragraaf 6.1.14.3). De stijging in Figuur 16 is echter veel opmerkelijker dan deze in Figuur 6. In beide figuren valt ook een daling op te merken vanaf 2013 naar latere periodes toe. De waardes van de NCW per investeringsperiode verschillen echter behoorlijk tussen de twee figuren. Zoals eerder opgemerkt, zijn de NCW in Figuur 16 groter of gelijk aan deze van het Waarschijnlijke scenario in Figuur 6.

8.2 Herziene minimumprijzen groenestroomcertificaten

Ook onder de verwachte herziening van de daling in minimumprijzen zijn de NCW opvallend hoger. Dit is vast te stellen door de NCW van Figuur 17 te vergelijken met deze van Figuur 12. Het uitstellen van de investering en terloops het nodige investeringsbedrag voor zonnepanelen in een alternatieve investering beleggen is bijgevolg ook in deze situatie aan te raden. Het is echter opmerkelijk dat de NCW in Figuur 17 een stuk lager liggen dan in Figuur 16. De impact van een versnelde daling in de minimumprijzen is hier merkbaar. Toch blijven de NCW een sterk positieve waarde behouden, wat het voor een rationele investeerder aanvaardbaar maakt.

In dit geval is het minder aan te raden om de investering uit te stellen in anticipatie op de marktontwikkelingen. De NCW stijgt licht na 2010, maar in de loop van 2011. Dit is omdat zowel

het groeipercentage voor de elektriciteitsprijs als het dalingspercentage van de installatiekost op jaarbasis worden doorgereken, de veranderingen binnen één jaar van de minimumprijzen kunnen bijgevolg niet gecompenseerd worden, zoals reeds besproken in 7.2.1.



Figuur 17: Netto contante waarde profiel alternatieve investering herziening minimumprijs groenestroomcertificaten

8.3 Conclusie

Het uitstellen van de investering in zonnepanelen ten voordele van een belegging met een jaarlijkse interest van 5% geeft voor de huidige minimumprijzen van GSC duidelijk de voorkeur om als investeerder te kiezen voor 2013. Voor het veranderde patroon is het niet aan te raden om de investering in zonnepanelen uit te stellen, de investering zal gedurende de doorgevoerde daling in groenestroomcertificaten steeds minder rendabel worden. Het snelle tempo waarmee de minimumprijzen dalen verhindert de markt om voldoende te kunnen compenseren. Het belang van de minimumprijzen van de GSC voor de rendabiliteit wordt hiermee nogmaals aangetoond.

Aan het einde van de curve in Figuur 17 is echter een stagnatie op te merken, en zelfs een stijging in de NCW van 2012 naar 2013 en van 2015 naar 2016. Dit duidt erop dat de markt snel weet te recupereren na de snelle afname van overheidssteun. Deze bevinding pleit in het voordeel van de versnelde daling, aangezien in dit geval al na 2015 de overgang is van steun uit gegarandeerde minimumprijzen naar de marktprijzen (zie Paragraaf 7.4). Voor zowel Figuur 16 als Figuur 17 zijn de NCW wel groter dan in de vergelijkbare figuren (zie respectievelijk figuren 6 en 12). In beide gevallen volgen de curven gelijkaardige patronen als hun tegenhanger, de NCW zijn echter opmerkelijk groter voor deze met de mogelijkheid de investering in zonnepanelen uit te stellen. Dit is een logische bevinding aangezien er in dit laatste geval in principe twee investeringen worden opgeteld (zie Paragraaf 8.1).

Hoofdstuk 9: Bespreking en conclusies

In dit hoofdstuk worden al de besprekingen en conclusies van Hoofdstuk 4 tot en met Hoofdstuk 8 samengevoegd om de resultaten die in het onderzoek bekomen zijn te bundelen. Door rekening te houden met al de bevindingen zullen antwoorden gevonden worden voor de opgestelde deelvragen van Hoofdstuk 2 om zo de centrale onderzoeksvraag te kunnen beantwoorden. Hieronder worden de deelvragen in dezelfde volgorde behandeld als in Hoofdstuk 2. Aangezien al de factoren elkaar onderling beïnvloeden kunnen de deelvragen niet volledig apart van elkaar besproken worden, bijgevolg zullen soms resultaten van andere parameters worden aangehaald binnen de bespreking van een andere. Voor de uitgebreide bespreking van de bevindingen wordt verwezen naar de conclusies van ieder hoofdstuk (zie Paragrafen 4.3, 5.4, 6.6, 7.4 en **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**).

Om te beginnen wordt de invloed van de groenestroomcertificaten onder de loep genomen. Deze parameter is in de beginjaren veruit de belangrijkste bij het bepalen van de winstgevendheid van de investering. Deze resultaten werden bekomen uit Simulatie 3, 4 en 6 waarbij de invloed van de groenestroomcertificaten op de NCW duidelijk werd aan de hand van de sensitiviteitsdiagrammen (zie respectievelijk Paragrafen **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**, 6.5 en **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**). Uit Simulatie 4 (Paragraaf 6.5) werd bovendien duidelijk dat de groenestroomcertificaten ook in latere periodes zeer belangrijk kunnen blijven voor de bepaling van de winstgevendheid, indien er geen systematische daling in de minimumprijzen wordt doorgevoerd. Het belang van de minimumprijzen en de daling hiervan uitte zich steeds in een dalend patroon voor de NCW-profielen voor de investering met zowel het huidige patroon van daling als de versnelde daling die gepland is (zie **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** Figuur 5, **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**, **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**, **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**).

Uit de breakeven analyse waarbij de groenestroomcertificaten als enige variabele werden gebruikt, is gebleken dat de breakeven prijzen voor GSC in sterke mate onder de gegarandeerde minimumprijzen liggen. Vooral in de beginjaren duidde de resultaten aan dat de steun in principe te hoog was.

De invloed van de marktprijzen van de groenestroomcertificaten wist het verloop van de NCW-profielen in de latere investeringsperiodes te nuanceren (zie Conclusies 4.3, 6.6, 7.4 en 8.3) . De rendabiliteit van investering daalde voor beide dalingspatronen, zowel de huidige als de versnelde daling van de minimumprijzen. Voor het huidige dalingspatroon eindigde de investering echter in een verlieslatende zone. Door rekening te houden met de marktprijs voor GSC bleek dat de curven voor ieder NCW-profiel echter af te vlakken wanneer de minimumprijzen onder de marktprijs

komen te liggen. De plaats van de afvlakking valt echter moeilijk te voorspellen aangezien deze afhankelijk is van de toekomstige marktprijs van groenestroomcertificaten (zie Paragraaf 4.3).

In de tweede afdeling van de deelvragen wordt het effect van een daling in de prijs van zonnepanelen op de winstgevendheid onderzocht. Uit de analyses (zie Paragrafen 6.4.2 en 7.2.2) blijkt dat de jaarlijkse procentuele daling van de prijs van PV-panelen in de latere periodes veruit de belangrijkste parameter is. Zelfs wanneer de minimumprijzen van groenestroomcertificaten niet gedwongen worden om te dalen, neemt de rol van de prijsdaling in zonnepanelen voor het verklaren van de variantie van de rendabiliteit sterk toe (zie Paragraaf 6.5.2).

Het vorige wijst erop dat de marktontwikkelingen in latere periodes in staat lijken te zijn om de daling in groenestroomcertificaten te compenseren. In Hoofdstuk 8 wordt nagetrokken of de marktontwikkelingen een uitstel in de investering van zonnepanelen kunnen verantwoorden. Hierbij wordt het nodige bedrag voor de investering in een PV-installatie in de tussentijd belegd in een andere investering. Voor het huidige dalingspatroon blijkt duidelijk dat een investeerder zou kiezen om tot 2013 te wachten, mits hij in de tussentijd over een andere belegging met een intrest van 5% per jaar kan beschikken. Voor het versnelde dalingspatroon is een uitstel in de investering onder dezelfde omstandigheden echter niet aan te raden. De groenestroomcertificaten dalen te snel om te hiervoor te kunnen compenseren met een alternatieve belegging.

In het derde lid van de deelvragen wordt de invloed van de elektriciteitsprijs op de winstgevendheid bestudeerd. Uit de analyses (zie Paragrafen **Fout! Verwijzingsbron niet evonden., Fout! Verwijzingsbron niet gevonden., Fout! Verwijzingsbron niet gevonden., Fout! Verwijzingsbron niet gevonden., Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** en **Fout! wijzingsbron niet gevonden.**) waarin deze invloeden uitgezocht worden, blijkt steeds dat de invloed van een jaarlijkse stijging van de elektriciteitsprijs echter zeer bescheiden blijft. Dit heeft waarschijnlijk te maken met de beperkte mate waarin de elektriciteitsprijs verwacht wordt te stijgen. In verhouding met de prijsdaling van de zonnepanelen gaat het voor elektriciteit over een veel kleinere grootteorde indien de prijsstijgingen worden uitgedrukt in absolute waarden.

Indien al de besprekingen samengebracht worden, kan gesteld worden dat de invloed van groenestroomcertificaten een krachtig middel is om winstgevendheid van de technologie mee te stimuleren. De marktfactoren winnen jaar na jaar echter aan invloed op de rendabiliteit. De prijsdaling van de zonnepanelen zal de investeringslast verlagen, terwijl de stijging elektriciteitsprijs de inkomende kasstromen verhoogt. Indien uitsluitend rekening wordt gehouden met de gegarandeerde minimumprijzen, eindigt de winstgevendheid van de investering in de latere periodes met een grote waarschijnlijkheid onder nul. Dit geldt enkel voor het huidige dalingspatroon. Het versnelde dalingspatroon zal er echter niet toe leiden dat de investering in zonnepanelen verlieslatend wordt. Dit is evenwel te wijten aan het feit dat de minimumprijzen voor GSC onder het versnelde dalingspatroon maar tot 90 EUR per certificaat dalen, terwijl de

minimumprijzen in het huidige dalingspatroon verder zakken tot 10 EUR per certificaat. Het versnellen van de daling slaat enkel op de meerdere dalingen van de minimumprijs van groenestroomcertificaten die binnen één jaar worden doorgevoerd, dit wijkt af met het huidige dalingspatroon.

Indien de marktprijs voor zonnepanelen niet te drastisch onder het huidige peil zakt, zal de investering echter voor beide dalingspatronen rendabel blijven. Hier valt bijkomend op te merken dat niet alleen de investering rendabel blijft nadat de minimumprijzen zijn gedaald tot onder de marktprijs, ook is de technologie bij deze overgang afgestapt van de overheidssteun omdat men geen gebruik meer zal maken van de gegarandeerde minimumprijzen, maar in dat geval enkel nog een beroep zal doen op de marktprijzen voor groenestroomcertificaten. De technologie wordt dan gestimuleerd door marktontwikkelingen, in dit werk uitgedrukt door de prijsstijging van elektriciteit en de prijsdaling voor zonnepanelen, en de marktprijzen voor de GSC.

Hoofdstuk 10: Beperkingen en aanbevelingen voor verder onderzoek

Voor de analyses van dit onderzoek zijn voor de beïnvloedende parameters heel wat veronderstellingen gemaakt. De assumpties zijn steeds gemaakt met het oog op de bevordering van de externe validiteit. De tijdsconstante parameters voor de analyses bepalen een groot deel van de onzekerheid omtrent de rendabiliteit van de investering. Voor het oplossen van de praktijkprobleem van dit werk is getracht om de omstandigheden van een representatieve Vlaamse installatie te simuleren. Het is echter onmogelijk om voor heel Vlaanderen betrouwbare resultaten te bekomen op basis van één voordehandliggende installatie. De bekomen conclusies beperken zich bijgevolg tot de gevalstudie behandeld in dit werk.

Voor de prijsstijging van elektriciteit is in dit werk voornamelijk gesteund op de prijsstijging van fossiele brandstoffen en de weerslag hiervan op de prijs van elektriciteit. Hoewel in België een uitdoving van kernenergie wordt opgelegd door de wet, zal gedurende de periode die de investeringsanalyse beschouwt de Belgische energiemarkt nog sterk afhankelijk zijn van kernenergie. De gekozen ontwikkelingspercentages zijn in dit opzicht niet volledig representatief. Toch kan deze opmerking worden genuanceerd aangezien de sensitiviteitsanalyse aantoont dat de impact van de procentuele prijsstijging van de grijze stroom in verhouding met de procentuele kostendaling van de installatie steeds erg beperkt blijft in het bepalen van de rendabiliteit.

Er is geen geldwaarde toegekend aan de mogelijk vermeden uitgestoten broeikasgassen door groene energie van zonnepanelen ten opzichte van conventionele elektriciteitsproductie. Voor de analyses werd echter zowel GSC als belastingvermindering voor energiebesparende maatregelen opgenomen. Verder voorziet de overheid nog premies ter ondersteuning van de investering in PV-panelen. Bijgevolg kan gesteld worden dat de Vlaamse overheid de schadelijke gevolgen van klassieke elektriciteitsvoorzieningen toch tracht te internaliseren door middel van overheidssteun voor groene vormen van energie. Het effect van deze internalisering biedt mogelijkheden voor verder onderzoek. Rond dit onderwerp wordt al veel onderzoek gedaan, al zijn de resultaten verre van eenduidig (zie Paragraaf 2.2.2).

Voor het voorspellen van mate van invloed die de parameters hebben op de rendabiliteit, spelen de kansverdelingen van de beïnvloedende parameters een belangrijke rol. Bij gebrek aan literatuur hierover zijn de kansverdelingen voor de variabelen in de sensitiviteitsanalyse vrij opportunistisch gekozen. De uitwerking van de invloed van de vorm van de kansverdelingen bieden mogelijke stof voor verder onderzoek.

Hoofdstuk 11: Lijst van geraadpleegde werken

Albrecht, J., 2006. The future role of photovoltaics: A learning curve versus portfolio perspective. *Energy Policy* 35, 2296-2304.

Awerbuch, S., 2000. Investing in photovoltaics: risk, accounting and the value of new technology. *Energy Policy* 28, 1023-1035.

BELPEX NV, 2010. *Green Certificates Exchange*. Opgevraagd op 20 mei, 2010, via <http://www.belpexgce.be/Public/Content.aspx?contentid=historicalmarket>.

Belmans, R., Van Roy, P., 2002. Studie naar de invoercapaciteit van elektriciteit in Vlaanderen. [Elektronische versie]. Energie instituut, p.1-42.

BelPV, 2010. Meerkost van zonnepanelen is minimaal voor de consument. Persbericht, 1/5/2010.

Commissie voor de Regulering van de Elektriciteit en het Gas (CREG), 2011. Evolutie van de elektriciteitsprijzen op de residentiële markt. Februari 2011, p.1-12.

Commissie voor de regulering van de elektriciteit en het gas (CREG), 2010. STUDIE over "de verschillende ondersteuningsmechanismen voor groene stroom in België" gedaan met toepassing van artikel 23, § 2, 2°, van de wet van 29 april 1999 betreffende de organisatie van de elektriciteitsmarkt - 20 mei 2010. [Elektronische versie]. (F)100520-CDC-966, p. 12-16.

Delaisse, P., Gillain, L., 2010. De fotovoltaïsche panelen. Le solaire photovoltaïque. In het kader van de opleiding "Energieverantwoordelijke", cyclus 2010. Leefmilieu Brussel, BIM (Brussels instituut voor milieubeheer), 17 juni 2010.

Eandis, 2011. Milieubijdrage in stroomfactuur stijgt 6€ per maand. [Elektronische versie]. Persnota 1 april 2011, p. 1-3.

Electrabel GDF Suez, 2011. *Elektriciteitsprijzen Electrabel*. Opgevraagd op 15 januari, 2011, via <http://www.electrabel.be/priceSheet/residential/SERVICEPLUS/I/12/elec/nl/0/price.do>.

Enerdata, 2010. World energy demand down for the first time in 30 years. Key findings of the world energy demand in 2009 by enerdata based its global energy database. 8 June 2010. Yearbook 2010.

Energy Information Administration, 2010. AEO2011 Early Release Overview. Opgevraagd op 17 januari 2011, via http://www.eia.gov/forecasts/aeo/early_introduction.cfm.

Europese Commissie, 2003. World energy, technology and climate outlook 2030 (WETO). Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

Europese Commissie, 2006. World energy, technology and climate outlook 2050 (WETO - H₂). Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

Federale Overheidsdienst Economie, 2010. *Kernuitstap*. Opgevraagd op 16 maart, 2011, via <http://economie.fgov.be/nl/consument/Energie/Nucleaire/kerncentrales/Kernuitstap/index.jsp>.

Harmon, C., 2000. Experience curves of photovoltaic technology. International Institute for Applied Systems Analysis. Interim report IR-00-014. p. 1-14.

Indexmundi, 2011. Belgium - Economy. Opgevraagd op 16 maart, 2011, via <http://www.indexmundi.com/belgium/#Economy>.

International Energy Agency, 2011. Belgium: Statistics. Opgevraagd op 20 maart, 2011, via http://www.iea.org/stats/countryresults.asp?COUNTRY_CODE=BE&Submit=Submit.

International Energy Agency, 2002. Potential for building integrated photovoltaics. Photovoltaic power systems programme (PV-PS) Report IEA – PV-PS T7-4 : 2002 (Summary).

Jackson, T., Oliver, M. , 2000. The evolution of economic and environmental cost for crystalline silicon photovoltaics. Energy Policy 28, 1011-1021.

Jackson, T., Oliver, M., 2000. The viability of solar photovoltaics. Energy Policy 28, 983-988.

Nucleair forum, 2008. *55% van de Belgische elektriciteit komt uit kerncentrales*. Opgevraagd op 16 maart, 2011, via http://www.nuclearforum.be/nl/themas/bevoorrading/55-procent-van-de-Belgische-elektriciteit-komt-uit-kerncentrales#vanwaar_komt_de_elektriciteit.

Nuon, 2010. *Algemene voorwaarden en tariefkaarten particularieren*. Opgevraagd op 15 januari, 2011, via <http://www.nuon.be/defaultnorigt.aspx?id=2392>.

Oracle, 2008. One-Minute Spotlight. The Crystal Ball Charts: Sensitivity. [Elektronische versie].

Oracle, 2009. Understanding and Using Sensitivity Charts. [Elektronische versie]. Oracle Crystal Ball User's Guide.

Organisatie Duurzame Energie (ODE), 2004. Bouwen met fotovoltaïsche zonne-energie. [Elektronische versie]. D/2004/3241/344.

Organisatie Duurzame Energie (ODE), 2010. *Zonnestroom – De cijfers - Potentieel*. Opgevraagd op 4 augustus, 2010, via <http://www.ode.be/zonnestroom/de-cijfers/potentieel>.

Organisatie Duurzame Energie (ODE), 2010. *Zonnestroom – Hoe werkt het?* Opgevraagd op 5 augustus, 2010, via <http://www.ode.be/zonnestroom/hoe-werkt-het>.

Organisatie Duurzame Energie (ODE), 2007. Fotovoltaïsche zonne-energie. Elektriciteit uit de zon. [Elektronische versie]. ODE Vlaanderen vzw in samenwerking met kenniscentrum IDEG. In opdracht van: Vlaamse overheid - Vlaams Energieagentschap

Organisatie Duurzame Energie (ODE), 2007. Elektriciteit uit zonlicht. [Elektronische versie]. D/2007/3241/086.

Sanden, B. A., 2004. The economic and institutional rationale of PV- subsidies. Solar Energy 78, 137-146.

Seebregts, A.J., Scheepers, M.J.J., de Vries, H.J., 2004. Baseload elektriciteitsprijzen en brandstofprijzen 2005 tot en met 2010. Onderbouwing van de elektriciteitsprijs in het advies technisch-economische parameters van duurzame elektriciteitsopties 2006-2007. Energy research Centre of the Netherlands - ECN-I--04-002.

Spaargids, 2011. Vergelijking termijnrekeningen en kasbons (België). Opgevraagd op 2 februari, 2011, via <http://www.spaargids.be/sparen/vergelijk/termijnrekeningen-en-kasbons.html>.

Studiedienst van de Vlaamse Regering, 2010. Aandeel van de energiedragers in de netto-elektriciteitsproductie. [Elektronische versie]. Cijfers – Energie. Opgevraagd op 16 maart, 2011, via <http://www4.vlaanderen.be/dar/svr/Cijfers/Pages/Excel.aspx>.

Studiedienst van de Vlaamse Regering, 2009. Netto invoer van elektriciteit. [Elektronische versie]. Cijfers – Energie. Opgevraagd op 16 maart, 2011, via <http://www4.vlaanderen.be/dar/svr/Cijfers/Pages/Excel.aspx>.

Studiedienst van de Vlaamse Regering, 2010. Uitgereikte groenestroomcertificaten, naar energie. [Elektronische versie]. Cijfers – Energie. Opgevraagd op 16 maart, 2011, via <http://www4.vlaanderen.be/dar/svr/Cijfers/Pages/Excel.aspx>.

Synergrid, Beroepsfederatie van de Elektriciteitssector, 2004. *Statistieken 2004*. Opgevraagd op 16 maart, 2011, via <http://www.synergrid.be/download.cfm?fileId=statistiekenBFE2004.pdf>.

Szweda, R., 2003. Third generation solar cells. The advanced semiconductor magazine Vol 16 – No 6 – August 2003, 53-55.

Testaankoop, 2011. *Invest. Onafhankelijk beleggingsadvies*. Opgevraagd op 2 februari, 2011, via <http://www.test-aankoop.be/invest/>.

Van der Zwaan, B., Rabl, A., 2003. Prospects for PV-: a learning curve analysis. Solar Energy 74, 19-31.

Vlaams Energieagentschap (VEA), 2010. *Detail van de subsidie*. Opgevraagd op 23 maart, 2010, via http://www.energiesparen.be/subsidies/subsidieregel_detail?id=2026&verstr=769&doelgroep=1

Vlaams Energieagentschap (VEA), 2010. *Ondersteuning voor fotovoltaïsche zonne-energie in Vlaanderen via groenestroomcertificaten*. Opgevraagd op 23 maart, 2010, via <http://www.energiesparen.be/groenestroomcertificaten>.

Vlaams Energieagentschap (VEA), 2010. Premies voor energiebesparing in Vlaanderen. [Elektronische versie]. D/2009/3241/507 Uitgave: januari 2010

Vlaams Energieagentschap (VEA), 2011. *Subsidiemodule – Zoek uw subsidie*. Opgevraagd op 15 januari, 2011, via <http://www.energiesparen.be/subsidies/subsidiemodule>.

Vlaamse overheid, 2010. *Steun voor zonnepanelen - premies, belastingvermindering en groenestroomcertificaten*. Opgevraagd op 23 maart, 2010, via http://www.vlaanderen.be/servlet/Satellite?pagename=Infolijn/View&c=Solution_C&p=1186804409590&cid=1090509354622.

Vlaams parlement, 2011. Ontwerp van decreet tot wijziging van het Energiedecreet van 8 mei 2009. [Elektronische versie]. Stuk 948 (2010-2011) – Nr. 1.

Vlaamse regering, Kanselarij, 2000. Decreet houdende de organisatie van de elektriciteitsmarkt. [Elektronische versie]. Vlaamse Codex, art. 21 t.e.m. 25, 17 juli 2000.

Vlaamse reguleringsinstantie voor de elektriciteits- en gasmarkt (VREG), 2010. Aantal uitgereikte groenestroomcertificaten [Elektronische versie]. VREG statistieken, p. 1-7.

Vlaamse reguleringsinstantie voor de elektriciteits- en gasmarkt (VREG), 2010. *Groenestroomproducenten - De aanvraag - Voorwaarden voor goedkeuring en aanvaardbaarheid*. Opgevraagd op 20 mei, 2010, via http://www.vreg.be/nl/06_sector/04_groenestroomproducenten/02_aanvraag/01_voorwaarden.asp

Vlaamse reguleringsinstantie voor de elektriciteits- en gasmarkt (VREG), 2010. *Groenestroomproducenten - Handel en prijs - Minimumprijs van een groenestroomcertificaat - aankoopPV-erplichting netbeheerders*. Opgevraagd op 20 mei, 2010, via http://www.vreg.be/nl/06_sector/04_groenestroomproducenten/04_handelenprijs/04_handelenprijs/01_netbeheerders.asp

Vlaamse reguleringsinstantie voor de elektriciteits- en gasmarkt (VREG), 2009. Marktmonitor 2009 [Elektronische versie]. Opgevraagd op 5 maart, 2011, via <http://www.vreg.be/rapporten>.

Vlaamse reguleringsinstantie voor de elektriciteits- en gasmarkt (VREG), 2010. Marktmonitor 2010 [Elektronische versie]. Opgevraagd op 5 maart, 2011, via <http://www.vreg.be/rapporten>.

Vlaamse reguleringsinstantie voor de elektriciteits- en gasmarkt (VREG), 2009. Marktrapport 2009 [Elektronische versie]. Opgevraagd op 10 augustus, 2010, via <http://www.vreg.be/rapporten>.

Wikipedia, 2010. *Wattpiek*. Opgevraagd op 18 juli, 2010, via <http://nl.wikipedia.org/wiki/Wattpiek>.

Zonnecellen.be, 2010. *Hoeveel elektriciteit produceert een zonnecel?* Opgevraagd op 18 juli, 2010, via <http://www.zonnecellen.be/faq/productiezonnecel.html>.

Zonnecellen.be, 2010. *Wat is (kilo)wattpiek?* Opgevraagd op 14 juli, 2010, via <http://www.zonnecellen.be/faq/v16.htm>.

Bijlagen

| | |
|--|--|
| Bijlage 1: Model ter berekening van de Netto Contante Waarde | 88 |
| Bijlage 2: Rapport Simulatie 1 | 93 |
| Bijlage 1: Simulatie 2 | Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd. |
| Bijlage 2: Simulatie 3 | 111 |
| Bijlage 3: Simulatie 4 | 115 |
| Bijlage 4: Simulatie 5 | 119 |
| Bijlage 5: Simulatie 6 | 124 |

Bijlage 1: Model ter berekening van de Netto Contante Waarde

| Kasstromentabel Deel 1: Investeringsperiode | | | 2010 | t.e.m. | | | 2013, | kasstromenperiode | | | 0 | t.e.m. | 6 |
|--|--------------------------------|-------------------------|-------------|---------------|-----------|-----------|--------------|--------------------------|-----------|--|----------|---------------|----------|
| <u>kasstromen per periode</u> | <u>verdisconteringsperiode</u> | <u>Jaar investering</u> | <u>p0</u> | <u>p1</u> | <u>p2</u> | <u>p3</u> | <u>p4</u> | <u>p5</u> | <u>p6</u> | | | | |
| investeringskost | 0 | 2010 | 10209,375 | | | | | | | | | | |
| belastingvermindering | | | 3600,000 | 483,750 | 0,000 | 0,000 | | | | | | | |
| uitgespaarde grijze stroom | | | | 230,6475 | 231,801 | 232,960 | 234,125 | 235,295 | 236,472 | | | | |
| GSC | | | | 350,000 | 350,000 | 700,000 | 350,000 | 350,000 | 700,000 | | | | |
| investeringskost | 1 | 2011 | 9631,486 | | | | | | | | | | |
| belastingvermindering | | | 3680,000 | 172,594 | 0,000 | 0,000 | | | | | | | |
| uitgespaarde grijze stroom | | | | 231,801 | 232,960 | 234,125 | 235,295 | 236,472 | 237,654 | | | | |
| GSC | | | | 330,000 | 330,000 | 660,000 | 330,000 | 330,000 | 660,000 | | | | |
| investeringskost | 2 | 2012 | 9086,307 | | | | | | | | | | |
| belastingvermindering | | | 3634,523 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | | | | | | | |
| uitgespaarde grijze stroom | | | | 232,960 | 234,125 | 235,295 | 236,472 | 237,654 | 238,842 | | | | |
| GSC | | | | 310,000 | 310,000 | 620,000 | 310,000 | 310,000 | 620,000 | | | | |
| investeringskost | 3 | 2013 | 8571,988 | | | | | | | | | | |
| belastingvermindering | | | 3428,795 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | | | | | | | |
| uitgespaarde grijze stroom | | | | 234,125 | 235,295 | 236,472 | 237,654 | 238,842 | 240,036 | | | | |
| GSC | | | | 290,000 | 290,000 | 580,000 | 290,000 | 290,000 | 580,000 | | | | |

Kasstromentabel Deel 2: Investeringsperiode 2014 t.e.m. 2020, kasstromenperiode 0 t.e.m. 6, incl. aantal GSC

| | | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <u>kasstromen per periode</u> | <u>verdisconteringsperiode</u> | <u>Jaar investering</u> | <u>p0</u> | <u>p1</u> | <u>p2</u> | <u>p3</u> | <u>p4</u> | <u>p5</u> | <u>p6</u> |
| investeringskost | 4 | 2014 | 8086,781 | | | | | | |
| belastingvermindering | | | 3234,712 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | | | |
| uitgespaarde grijze stroom | | | | 235,295 | 236,472 | 237,654 | 238,842 | 240,036 | 241,237 |
| GSC | | | | 250,000 | 250,000 | 500,000 | 250,000 | 250,000 | 500,000 |
| investeringskost | 5 | 2015 | 7629,039 | | | | | | |
| belastingvermindering | | | 3051,616 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | | | |
| uitgespaarde grijze stroom | | | | 236,472 | 237,654 | 238,842 | 240,036 | 241,237 | 242,443 |
| GSC | | | | 210,000 | 210,000 | 420,000 | 210,000 | 210,000 | 420,000 |
| investeringskost | 6 | 2016 | 7197,207 | | | | | | |
| belastingvermindering | | | 2878,883 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | | | |
| uitgespaarde grijze stroom | | | | 237,654 | 238,842 | 240,036 | 241,237 | 242,443 | 243,655 |
| GSC | | | | 170,000 | 170,000 | 340,000 | 170,000 | 170,000 | 340,000 |
| investeringskost | 7 | 2017 | 6789,817 | | | | | | |
| belastingvermindering | | | 2715,927 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | | | |
| uitgespaarde grijze stroom | | | | 238,842 | 240,036 | 241,237 | 242,443 | 243,655 | 244,873 |
| GSC | | | | 130,000 | 130,000 | 260,000 | 130,000 | 130,000 | 260,000 |
| investeringskost | 8 | 2018 | 6405,488 | | | | | | |
| belastingvermindering | | | 2562,195 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | | | |
| uitgespaarde grijze stroom | | | | 240,036 | 241,237 | 242,443 | 243,655 | 244,873 | 246,098 |
| GSC | | | | 90,000 | 90,000 | 180,000 | 90,000 | 90,000 | 180,000 |
| investeringskost | 9 | 2019 | 6042,913 | | | | | | |
| belastingvermindering | | | 2417,165 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | | | |
| uitgespaarde grijze stroom | | | | 241,237 | 242,443 | 243,655 | 244,873 | 246,098 | 247,328 |
| GSC | | | | 50,000 | 50,000 | 100,000 | 50,000 | 50,000 | 100,000 |
| investeringskost | 10 | 2020 | 5700,862 | | | | | | |
| belastingvermindering | | | 2280,345 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | | | |
| uitgespaarde grijze stroom | | | | 242,443 | 243,655 | 244,873 | 246,098 | 247,328 | 248,565 |
| GSC | | | | 10,000 | 10,000 | 20,000 | 10,000 | 10,000 | 20,000 |
| | | productie elektriciteit | | 1350 | 1350 | 1350 | 1350 | 1350 | 1350 |
| | | productie elektriciteit voor GSC | | | 1700 | 2050 | 1400 | 1750 | 2100 |
| | | | | 1000 | 1000 | 2000 | 1000 | 1000 | 2000 |
| | | | | 350 | 700 | 50 | 400 | 750 | 100 |
| | | aantal GSC's per jaar | | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 |

Kasstromentabel Deel 3: Investeringsperiode 2010 t.e.m. 2013, kasstromenperiode 7 t.e.m. 20

| | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|-------------------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| <u>Jaar investering</u> | <u>p7</u> | <u>p8</u> | <u>p9</u> | <u>p10</u> | <u>p11</u> | <u>p12</u> | <u>p13</u> | <u>p14</u> | <u>p15</u> | <u>p16</u> | <u>p17</u> | <u>p18</u> | <u>p19</u> | <u>p20</u> |
| 2010 | 237,654 | 238,842 | 240,036 | 241,237 | 242,443 | 243,655 | 244,873 | 246,098 | 247,328 | 248,565 | 249,808 | 251,057 | 252,312 | 253,574 |
| | 350,000 | 350,000 | 700,000 | 350,000 | 350,000 | 700,000 | 350,000 | 350,000 | 700,000 | 350,000 | 350,000 | 700,000 | 350,000 | 700,000 |
| 2011 | 238,842 | 240,036 | 241,237 | 242,443 | 243,655 | 244,873 | 246,098 | 247,328 | 248,565 | 249,808 | 251,057 | 252,312 | 253,574 | 254,841 |
| | 330,000 | 330,000 | 660,000 | 330,000 | 330,000 | 660,000 | 330,000 | 330,000 | 660,000 | 330,000 | 330,000 | 660,000 | 330,000 | 660,000 |
| 2012 | 240,036 | 241,237 | 242,443 | 243,655 | 244,873 | 246,098 | 247,328 | 248,565 | 249,808 | 251,057 | 252,312 | 253,574 | 254,841 | 256,116 |
| | 310,000 | 310,000 | 620,000 | 310,000 | 310,000 | 620,000 | 310,000 | 310,000 | 620,000 | 310,000 | 310,000 | 620,000 | 310,000 | 620,000 |
| 2013 | 241,237 | 242,443 | 243,655 | 244,873 | 246,098 | 247,328 | 248,565 | 249,808 | 251,057 | 252,312 | 253,574 | 254,841 | 256,116 | 257,396 |
| | 290,000 | 290,000 | 580,000 | 290,000 | 290,000 | 580,000 | 290,000 | 290,000 | 580,000 | 290,000 | 290,000 | 580,000 | 290,000 | 580,000 |

Kasstromentabel Deel 4: Investeringsperiode 2014 t.e.m. 2020, kasstromenperiode 7 t.e.m. 20, incl. aantal GSC

| | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|---------------------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|----------|
| <u>Jaar inve p7</u> | <u>p8</u> | <u>p9</u> | <u>p10</u> | <u>p11</u> | <u>p12</u> | <u>p13</u> | <u>p14</u> | <u>p15</u> | <u>p16</u> | <u>p17</u> | <u>p18</u> | <u>p19</u> | <u>p20</u> | |
| 2014 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 242,443 | 243,655 | 244,873 | 246,098 | 247,328 | 248,565 | 249,808 | 251,057 | 252,312 | 253,574 | 254,841 | 256,116 | 257,396 | 258,683 |
| | 250,000 | 250,000 | 500,000 | 250,000 | 250,000 | 500,000 | 250,000 | 250,000 | 500,000 | 250,000 | 250,000 | 500,000 | 250,000 | 500,000 |
| 2015 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 243,655 | 244,873 | 246,098 | 247,328 | 248,565 | 249,808 | 251,057 | 252,312 | 253,574 | 254,841 | 256,116 | 257,396 | 258,683 | 259,977 |
| | 210,000 | 210,000 | 420,000 | 210,000 | 210,000 | 420,000 | 210,000 | 210,000 | 420,000 | 210,000 | 210,000 | 420,000 | 210,000 | 420,000 |
| 2016 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 244,873 | 246,098 | 247,328 | 248,565 | 249,808 | 251,057 | 252,312 | 253,574 | 254,841 | 256,116 | 257,396 | 258,683 | 259,977 | 261,276 |
| | 170,000 | 170,000 | 340,000 | 170,000 | 170,000 | 340,000 | 170,000 | 170,000 | 340,000 | 170,000 | 170,000 | 340,000 | 170,000 | 340,000 |
| 2017 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 246,098 | 247,328 | 248,565 | 249,808 | 251,057 | 252,312 | 253,574 | 254,841 | 256,116 | 257,396 | 258,683 | 259,977 | 261,276 | 262,583 |
| | 130,000 | 130,000 | 260,000 | 130,000 | 130,000 | 260,000 | 130,000 | 130,000 | 260,000 | 130,000 | 130,000 | 260,000 | 130,000 | 260,000 |
| 2018 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 247,328 | 248,565 | 249,808 | 251,057 | 252,312 | 253,574 | 254,841 | 256,116 | 257,396 | 258,683 | 259,977 | 261,276 | 262,583 | 263,896 |
| | 90,000 | 90,000 | 180,000 | 90,000 | 90,000 | 180,000 | 90,000 | 90,000 | 180,000 | 90,000 | 90,000 | 180,000 | 90,000 | 180,000 |
| 2019 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 248,565 | 249,808 | 251,057 | 252,312 | 253,574 | 254,841 | 256,116 | 257,396 | 258,683 | 259,977 | 261,276 | 262,583 | 263,896 | 265,215 |
| | 50,000 | 50,000 | 100,000 | 50,000 | 50,000 | 100,000 | 50,000 | 50,000 | 100,000 | 50,000 | 50,000 | 100,000 | 50,000 | 100,000 |
| 2020 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 249,808 | 251,057 | 252,312 | 253,574 | 254,841 | 256,116 | 257,396 | 258,683 | 259,977 | 261,276 | 262,583 | 263,896 | 265,215 | 266,541 |
| | 10,000 | 10,000 | 20,000 | 10,000 | 10,000 | 20,000 | 10,000 | 10,000 | 20,000 | 10,000 | 10,000 | 20,000 | 10,000 | 20,000 |
| | 1350 | 1350 | 1350 | 1350 | 1350 | 1350 | 1350 | 1350 | 1350 | 1350 | 1350 | 1350 | 1350 | 1350 |
| | 1450 | 1800 | 2150 | 1500 | 1850 | 2200 | 1550 | 1900 | 2250 | 1600 | 1950 | 2300 | 1650 | 2000 |
| | 1000 | 1000 | 2000 | 1000 | 1000 | 2000 | 1000 | 1000 | 2000 | 1000 | 1000 | 2000 | 1000 | 2000 |
| | 450 | 800 | 150 | 500 | 850 | 200 | 550 | 900 | 250 | 600 | 950 | 300 | 650 | 0 |
| | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 |

Kasstromentabel Deel 5: Totale kasstromen, Investeringsperiode 2010 t.e.m. 2020, kasstromenperiode 0 t.e.m. 20

| <u>Totaal kasstromen</u> | <u>Jaar in p0</u> | <u>p1</u> | <u>p2</u> | <u>p3</u> | <u>p4</u> | <u>p5</u> | <u>p6</u> | <u>p7</u> | | | | | | |
|--------------------------|-------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|---------|--|
| 2010 | -6609,375 | 1064,398 | 581,801 | 932,960 | 584,125 | 585,295 | 936,472 | 587,654 | | | | | | |
| 2011 | -5951,486 | 734,395 | 562,960 | 894,125 | 565,295 | 566,472 | 897,654 | 568,842 | | | | | | |
| 2012 | -5451,784 | 542,960 | 544,125 | 855,295 | 546,472 | 547,654 | 858,842 | 550,036 | | | | | | |
| 2013 | -5143,193 | 524,125 | 525,295 | 816,472 | 527,654 | 528,842 | 820,036 | 531,237 | | | | | | |
| 2014 | -4852,069 | 485,295 | 486,472 | 737,654 | 488,842 | 490,036 | 741,237 | 492,443 | | | | | | |
| 2015 | -4577,423 | 446,472 | 447,654 | 658,842 | 450,036 | 451,237 | 662,443 | 453,655 | | | | | | |
| 2016 | -4318,324 | 407,654 | 408,842 | 580,036 | 411,237 | 412,443 | 583,655 | 414,873 | | | | | | |
| 2017 | -4073,890 | 368,842 | 370,036 | 501,237 | 372,443 | 373,655 | 504,873 | 376,098 | | | | | | |
| 2018 | -3843,293 | 330,036 | 331,237 | 422,443 | 333,655 | 334,873 | 426,098 | 337,328 | | | | | | |
| 2019 | -3625,748 | 291,237 | 292,443 | 343,655 | 294,873 | 296,098 | 347,328 | 298,565 | | | | | | |
| 2020 | -3420,517 | 252,443 | 253,655 | 264,873 | 256,098 | 257,328 | 268,565 | 259,808 | | | | | | |
| <u>Jaar in p8</u> | <u>p9</u> | <u>p10</u> | <u>p11</u> | <u>p12</u> | <u>p13</u> | <u>p14</u> | <u>p15</u> | <u>p16</u> | <u>p17</u> | <u>p18</u> | <u>p19</u> | <u>p20</u> | | |
| 2010 | 588,842 | 940,036 | 591,237 | 592,443 | 943,655 | 594,873 | 596,098 | 947,328 | 598,565 | 599,808 | 951,057 | 602,312 | 953,574 | |
| 2011 | 570,036 | 901,237 | 572,443 | 573,655 | 904,873 | 576,098 | 577,328 | 908,565 | 579,808 | 581,057 | 912,312 | 583,574 | 914,841 | |
| 2012 | 551,237 | 862,443 | 553,655 | 554,873 | 866,098 | 557,328 | 558,565 | 869,808 | 561,057 | 562,312 | 873,574 | 564,841 | 876,116 | |
| 2013 | 532,443 | 823,655 | 534,873 | 536,098 | 827,328 | 538,565 | 539,808 | 831,057 | 542,312 | 543,574 | 834,841 | 546,116 | 837,396 | |
| 2014 | 493,655 | 744,873 | 496,098 | 497,328 | 748,565 | 499,808 | 501,057 | 752,312 | 503,574 | 504,841 | 756,116 | 507,396 | 758,683 | |
| 2015 | 454,873 | 666,098 | 457,328 | 458,565 | 669,808 | 461,057 | 462,312 | 673,574 | 464,841 | 466,116 | 677,396 | 468,683 | 679,977 | |
| 2016 | 416,098 | 587,328 | 418,565 | 419,808 | 591,057 | 422,312 | 423,574 | 594,841 | 426,116 | 427,396 | 598,683 | 429,977 | 601,276 | |
| 2017 | 377,328 | 508,565 | 379,808 | 381,057 | 512,312 | 383,574 | 384,841 | 516,116 | 387,396 | 388,683 | 519,977 | 391,276 | 522,583 | |
| 2018 | 338,565 | 429,808 | 341,057 | 342,312 | 433,574 | 344,841 | 346,116 | 437,396 | 348,683 | 349,977 | 441,276 | 352,583 | 443,896 | |
| 2019 | 299,808 | 351,057 | 302,312 | 303,574 | 354,841 | 306,116 | 307,396 | 358,683 | 309,977 | 311,276 | 362,583 | 313,896 | 365,215 | |
| 2020 | 261,057 | 272,312 | 263,574 | 264,841 | 276,116 | 267,396 | 268,683 | 279,977 | 271,276 | 272,583 | 283,896 | 275,215 | 286,541 | |

Bijlage 2: Full Report Simulatie 1

Forecast: NCW 2010 (cont'd)

Cell: D107

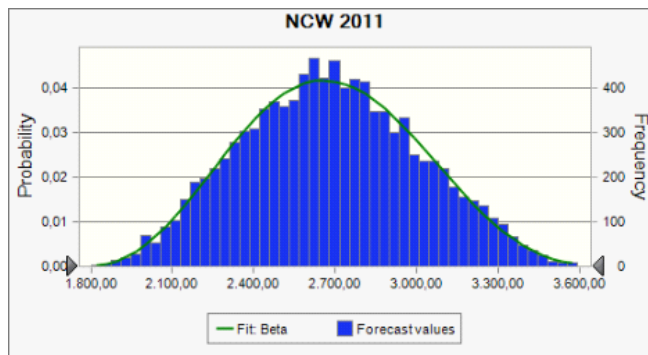
| Percentiles: | Forecast values |
|--------------|-----------------|
| 0% | 1.837,44 |
| 10% | 2.214,01 |
| 20% | 2.347,83 |
| 30% | 2.457,39 |
| 40% | 2.548,10 |
| 50% | 2.632,25 |
| 60% | 2.717,36 |
| 70% | 2.812,95 |
| 80% | 2.928,88 |
| 90% | 3.086,13 |
| 100% | 3.536,18 |

Forecast: NCW 2011

Cell: D108

Summary:

Entire range is from 1.801,31 to 3.654,61
 Base case is 2.675,71
 After 10.000 trials, the std. error of the mean is 3,25



| Statistics: | Forecast values |
|-----------------------|-----------------|
| Trials | 10.000 |
| Mean | 2.682,05 |
| Median | 2.676,07 |
| Mode | --- |
| Standard Deviation | 324,77 |
| Variance | 105.472,96 |
| Skewness | 0,0952 |
| Kurtosis | 2,53 |
| Coeff. of Variability | 0,1211 |
| Minimum | 1.801,31 |
| Maximum | 3.654,61 |
| Range Width | 1.853,30 |
| Mean Std. Error | 3,25 |

Forecast: NCW 2011 (cont'd)

Cell: D108

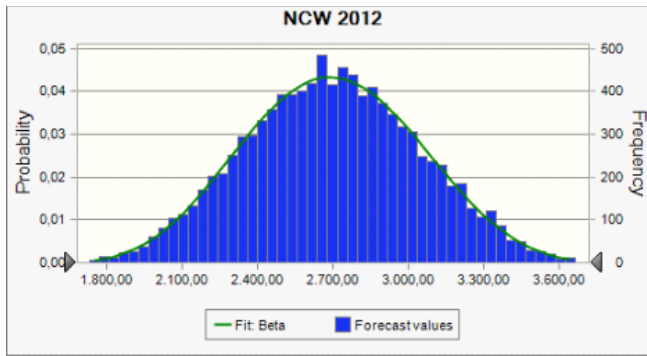
| Percentiles: | Forecast values |
|--------------|-----------------|
| 0% | 1.801,31 |
| 10% | 2.254,39 |
| 20% | 2.391,73 |
| 30% | 2.496,34 |
| 40% | 2.592,89 |
| 50% | 2.676,03 |
| 60% | 2.761,05 |
| 70% | 2.854,82 |
| 80% | 2.964,10 |
| 90% | 3.122,71 |
| 100% | 3.654,61 |

Forecast: NCW 2012

Cell: D109

Summary:

Entire range is from 1.680,59 to 3.801,90
 Base case is 2.697,29
 After 10.000 trials, the std. error of the mean is 3,46



| Statistics: | Forecast values |
|-----------------------|-----------------|
| Trials | 10.000 |
| Mean | 2.699,58 |
| Median | 2.696,14 |
| Mode | --- |
| Standard Deviation | 345,57 |
| Variance | 119.418,46 |
| Skewness | 0,0364 |
| Kurtosis | 2,66 |
| Coeff. of Variability | 0,1280 |
| Minimum | 1.680,59 |
| Maximum | 3.801,90 |
| Range Width | 2.121,31 |
| Mean Std. Error | 3,46 |

Forecast: NCW 2012 (cont'd)

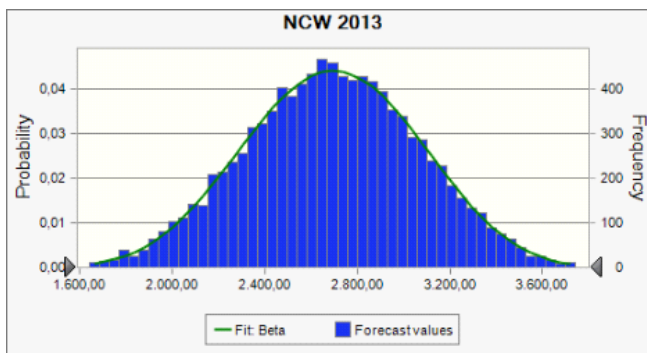
Cell: D109

| Percentiles: | Forecast values |
|--------------|-----------------|
| 0% | 1.680,59 |
| 10% | 2.247,25 |
| 20% | 2.398,27 |
| 30% | 2.509,32 |
| 40% | 2.608,55 |
| 50% | 2.696,06 |
| 60% | 2.785,83 |
| 70% | 2.884,93 |
| 80% | 2.999,23 |
| 90% | 3.156,92 |
| 100% | 3.801,90 |

Forecast: NCW 2013

Cell: D110

Summary:
 Entire range is from 1.537,40 to 3.904,91
 Base case is 2.691,69
 After 10.000 trials, the std. error of the mean is 3,76



| Statistics: | Forecast values |
|-----------------------|-----------------|
| Trials | 10.000 |
| Mean | 2.691,37 |
| Median | 2.692,02 |
| Mode | --- |
| Standard Deviation | 375,52 |
| Variance | 141.015,60 |
| Skewness | -0,0188 |
| Kurtosis | 2,74 |
| Coeff. of Variability | 0,1395 |
| Minimum | 1.537,40 |
| Maximum | 3.904,91 |
| Range Width | 2.367,52 |
| Mean Std. Error | 3,76 |

Forecast: NCW 2013 (cont'd)

Cell: D110

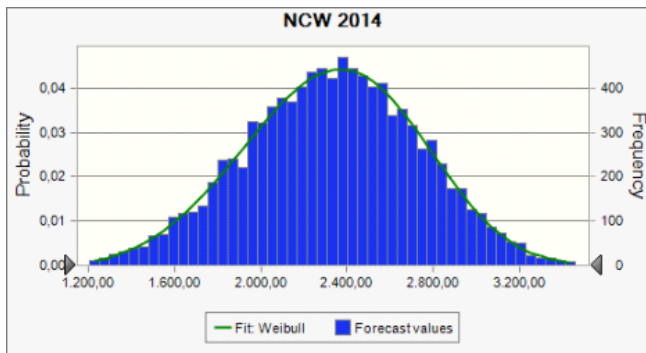
| Percentiles: | Forecast values |
|--------------|-----------------|
| 0% | 1.537,40 |
| 10% | 2.198,08 |
| 20% | 2.367,73 |
| 30% | 2.489,15 |
| 40% | 2.597,75 |
| 50% | 2.691,93 |
| 60% | 2.792,01 |
| 70% | 2.894,74 |
| 80% | 3.014,51 |
| 90% | 3.177,08 |
| 100% | 3.904,91 |

Forecast: NCW 2014

Cell: D111

Summary:

Entire range is from 1.084,69 to 3.615,66
 Base case is 2.336,11
 After 10.000 trials, the std. error of the mean is 4,02



| Statistics: | Forecast values |
|-----------------------|-----------------|
| Trials | 10.000 |
| Mean | 2.331,81 |
| Median | 2.340,41 |
| Mode | --- |
| Standard Deviation | 402,44 |
| Variance | 161.958,31 |
| Skewness | -0,0722 |
| Kurtosis | 2,75 |
| Coeff. of Variability | 0,1726 |
| Minimum | 1.084,69 |
| Maximum | 3.615,66 |
| Range Width | 2.530,96 |
| Mean Std. Error | 4,02 |

Forecast: NCW 2014 (cont'd)

Cell: D111

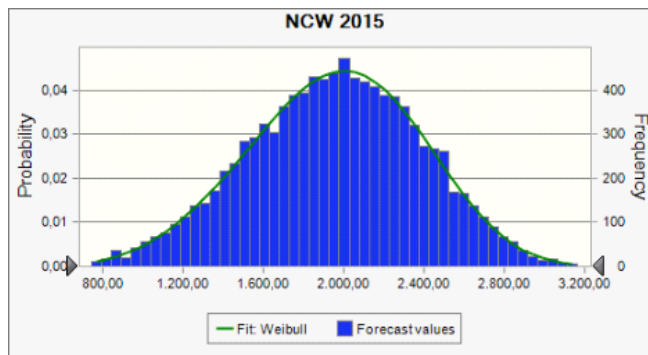
| Percentiles: | Forecast values |
|--------------|-----------------|
| 0% | 1.084,69 |
| 10% | 1.806,82 |
| 20% | 1.985,26 |
| 30% | 2.116,21 |
| 40% | 2.235,10 |
| 50% | 2.340,40 |
| 60% | 2.441,31 |
| 70% | 2.553,22 |
| 80% | 2.680,42 |
| 90% | 2.847,58 |
| 100% | 3.615,66 |

Forecast: NCW 2015

Cell: D112

Summary:

Entire range is from 616,14 to 3.294,08
 Base case is 1.964,13
 After 10.000 trials, the std. error of the mean is 4,32



| Statistics: | Forecast values |
|-----------------------|-----------------|
| Trials | 10.000 |
| Mean | 1.954,86 |
| Median | 1.967,17 |
| Mode | --- |
| Standard Deviation | 432,22 |
| Variance | 186.815,42 |
| Skewness | -0,1219 |
| Kurtosis | 2,72 |
| Coeff. of Variability | 0,2211 |
| Minimum | 616,14 |
| Maximum | 3.294,08 |
| Range Width | 2.677,93 |
| Mean Std. Error | 4,32 |

Forecast: NCW 2015 (cont'd)

Cell: D112

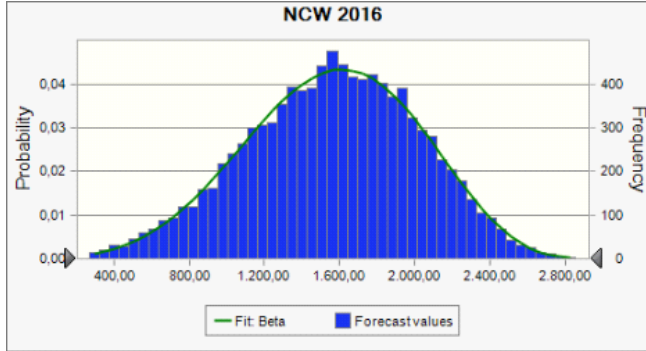
| Percentiles: | Forecast values |
|--------------|-----------------|
| 0% | 616,14 |
| 10% | 1.385,15 |
| 20% | 1.580,06 |
| 30% | 1.728,26 |
| 40% | 1.854,77 |
| 50% | 1.967,04 |
| 60% | 2.077,68 |
| 70% | 2.199,51 |
| 80% | 2.329,32 |
| 90% | 2.502,44 |
| 100% | 3.294,08 |

Forecast: NCW 2016

Cell: D113

Summary:

Entire range is from 136,92 to 2.942,88
 Base case is 1.576,67
 After 10.000 trials, the std. error of the mean is 4,62



| Statistics: | Forecast values |
|-----------------------|-----------------|
| Trials | 10.000 |
| Mean | 1.561,90 |
| Median | 1.577,70 |
| Mode | --- |
| Standard Deviation | 462,08 |
| Variance | 213.521,03 |
| Skewness | -0,1679 |
| Kurtosis | 2,69 |
| Coeff. of Variability | 0,2958 |
| Minimum | 136,92 |
| Maximum | 2.942,88 |
| Range Width | 2.805,96 |
| Mean Std. Error | 4,62 |

Forecast: NCW 2016 (cont'd)

Cell: D113

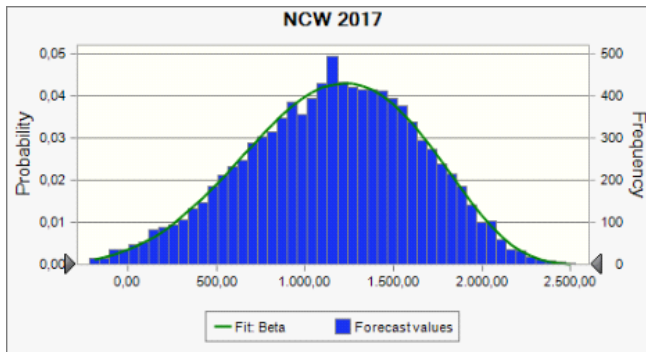
| Percentiles: | Forecast values |
|--------------|-----------------|
| 0% | 136,92 |
| 10% | 947,27 |
| 20% | 1.159,36 |
| 30% | 1.322,88 |
| 40% | 1.461,12 |
| 50% | 1.577,69 |
| 60% | 1.699,75 |
| 70% | 1.827,83 |
| 80% | 1.966,30 |
| 90% | 2.148,42 |
| 100% | 2.942,88 |

Forecast: NCW 2017

Cell: D114

Summary:

Entire range is from -348,23 to 2.564,56
 Base case is 1.174,63
 After 10.000 trials, the std. error of the mean is 4,90



| Statistics: | Forecast values |
|-----------------------|-----------------|
| Trials | 10.000 |
| Mean | 1.154,03 |
| Median | 1.175,53 |
| Mode | --- |
| Standard Deviation | 490,49 |
| Variance | 240.579,91 |
| Skewness | -0,2100 |
| Kurtosis | 2,66 |
| Coeff. of Variability | 0,4250 |
| Minimum | -348,23 |
| Maximum | 2.564,56 |
| Range Width | 2.912,79 |
| Mean Std. Error | 4,90 |

Forecast: NCW 2017 (cont'd)

Cell: D114

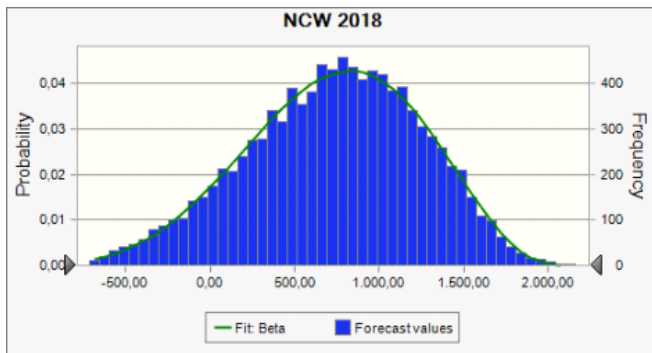
| Percentiles: | Forecast values |
|--------------|-----------------|
| 0% | -348,23 |
| 10% | 494,27 |
| 20% | 727,66 |
| 30% | 901,47 |
| 40% | 1.050,73 |
| 50% | 1.175,17 |
| 60% | 1.308,17 |
| 70% | 1.440,56 |
| 80% | 1.585,28 |
| 90% | 1.778,92 |
| 100% | 2.564,56 |

Forecast: NCW 2018

Cell: D115

Summary:

Entire range is from -835,78 to 2.161,41
 Base case is 758,83
 After 10.000 trials, the std. error of the mean is 5,17



| Statistics: | Forecast values |
|-----------------------|-----------------|
| Trials | 10.000 |
| Mean | 732,18 |
| Median | 761,25 |
| Mode | --- |
| Standard Deviation | 516,69 |
| Variance | 266.969,26 |
| Skewness | -0,2490 |
| Kurtosis | 2,64 |
| Coeff. of Variability | 0,7057 |
| Minimum | -835,78 |
| Maximum | 2.161,41 |
| Range Width | 2.997,19 |
| Mean Std. Error | 5,17 |

Forecast: NCW 2018 (cont'd)

Cell: D115

| Percentiles: | Forecast values |
|--------------|-----------------|
| 0% | -835,78 |
| 10% | 30,30 |
| 20% | 284,39 |
| 30% | 468,35 |
| 40% | 625,80 |
| 50% | 761,15 |
| 60% | 894,06 |

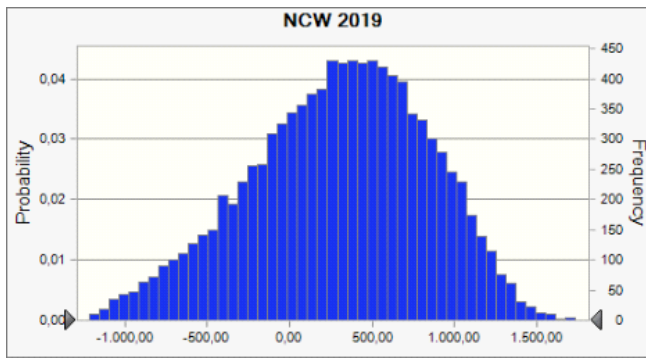
| | |
|------|----------|
| 70% | 1.036,99 |
| 80% | 1.187,80 |
| 90% | 1.388,62 |
| 100% | 2.161,41 |

Forecast: NCW 2019

Cell: D116

Summary:

Entire range is from -1.334,75 to 1.735,51
 Base case is 330,05
 After 10.000 trials, the std. error of the mean is 5,40



| Statistics: | Forecast values |
|-----------------------|-----------------|
| Trials | 10.000 |
| Mean | 297,23 |
| Median | 333,40 |
| Mode | --- |
| Standard Deviation | 540,38 |
| Variance | 292.008,36 |
| Skewness | -0,2855 |
| Kurtosis | 2,63 |
| Coeff. of Variability | 1,82 |
| Minimum | -1.334,75 |
| Maximum | 1.735,51 |
| Range Width | 3.070,26 |
| Mean Std. Error | 5,40 |

Forecast: NCW 2019 (cont'd)

Cell: D116

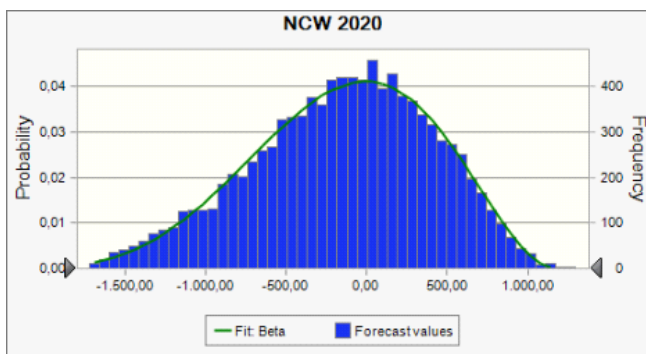
| Percentiles: | Forecast values |
|--------------|-----------------|
| 0% | -1.334,75 |
| 10% | -439,83 |
| 20% | -170,41 |
| 30% | 26,24 |
| 40% | 192,10 |
| 50% | 333,15 |
| 60% | 474,55 |
| 70% | 616,82 |
| 80% | 777,95 |
| 90% | 982,95 |
| 100% | 1.735,51 |

Forecast: NCW 2020

Cell: D117

Summary:

Entire range is from -1.857,85 to 1.295,69
 Base case is -110,96
 After 10.000 trials, the std. error of the mean is 5,61



Run preferences:
Number of trials run 10.000 - 101 -
Extreme speed
Monte Carlo
Random seed
Precision control on
Confidence level 95,00%

Run statistics:
Total running time (sec) 9,62
Trials/second (average) 1.039
Random numbers per sec 3.118

Crystal Ball data:
Assumptions 3
Correlations 0
Correlated groups 0
Decision variables 0
Forecasts 11

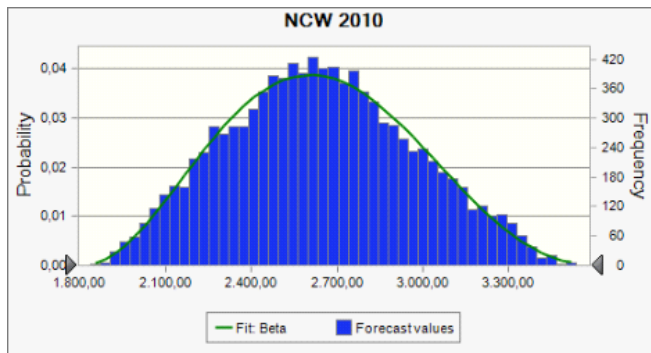
Forecasts

Worksheet: [FINAAL2 Sensitiviteit CB.xlsx]NCWcalc

Forecast: NCW 2010

Cell: D107

Summary:
Entire range is from 1.837,44 to 3.536,18
Base case is 2.633,96
After 10.000 trials, the std. error of the mean is 3,24



| | |
|-----------------------|------------------------|
| Statistics: | Forecast values |
| Trials | 10.000 |
| Mean | 2.641,78 |
| Median | 2.632,26 |
| Mode | --- |
| Standard Deviation | 323,76 |
| Variance | 104.817,96 |
| Skewness | 0,1265 |
| Kurtosis | 2,43 |
| Coeff. of Variability | 0,1226 |
| Minimum | 1.837,44 |
| Maximum | 3.536,18 |
| Range Width | 1.698,74 |
| Mean Std. Error | 3,24 |

| | |
|-----------------------|------------------------|
| Statistics: | Forecast values |
| Trials | 10.000 |
| Mean | -150,00 |
| Median | -107,88 |
| Mode | --- |
| Standard Deviation | 561,48 |
| Variance | 315.265,00 |
| Skewness | -0,3197 |
| Kurtosis | 2,64 |
| Coeff. of Variability | -3,74 |
| Minimum | -1.857,85 |
| Maximum | 1.295,69 |
| Range Width | 3.153,54 |
| Mean Std. Error | 5,61 |

Forecast: NCW 2020 (cont'd)

Cell: D117

| | |
|---------------------|------------------------|
| Percentiles: | Forecast values |
| 0% | -1.857,85 |
| 10% | -920,99 |
| 20% | -634,51 |
| 30% | -431,39 |
| 40% | -259,29 |
| 50% | -107,96 |
| 60% | 36,22 |
| 70% | 181,98 |
| 80% | 353,07 |
| 90% | 559,15 |

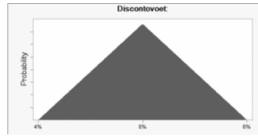
Assumption: Discontovoe:

Cell: E15

Triangular distribution with parameters:

- Minimum
- Likeliest
- Maximum

- 4%
- 5%
- 6%



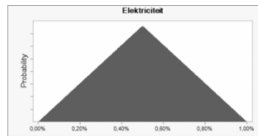
Assumption: Elektriciteit

Cell: E13

Triangular distribution with parameters:

- Minimum
- Likeliest
- Maximum

- 0,00%
- 0,50%
- 1,00%



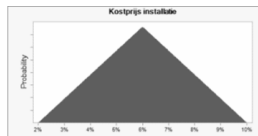
Assumption: Kostprijs installatie

Cell: E9

Triangular distribution with parameters:

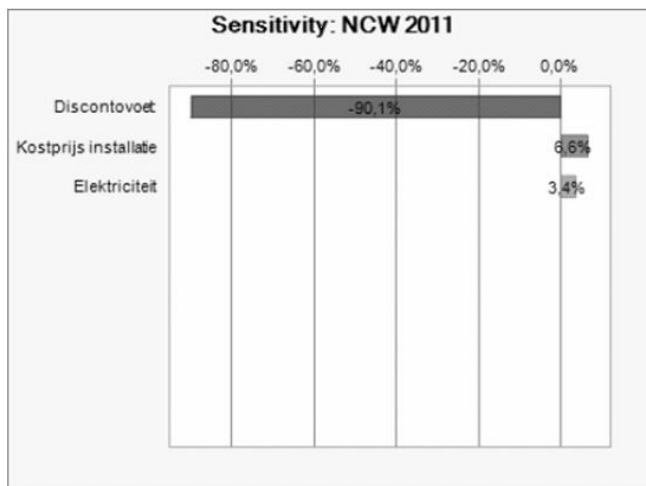
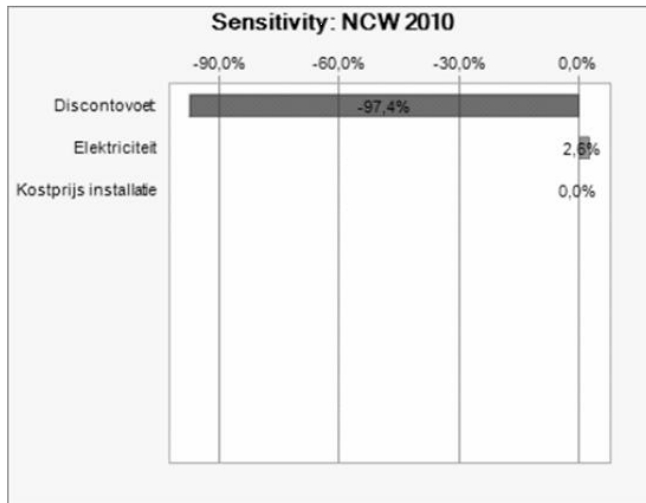
- Minimum
- Likeliest
- Maximum

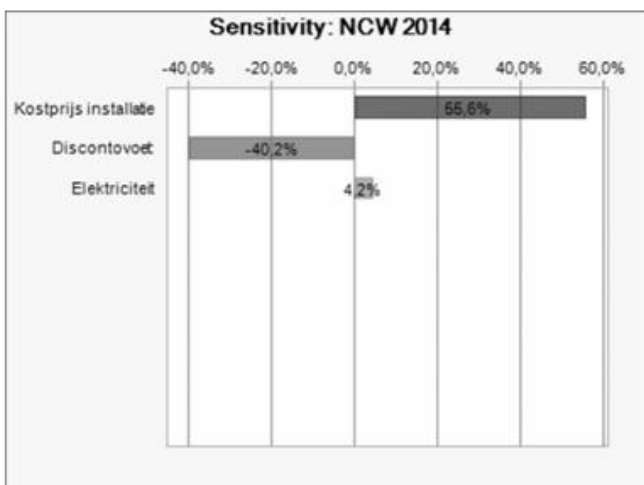
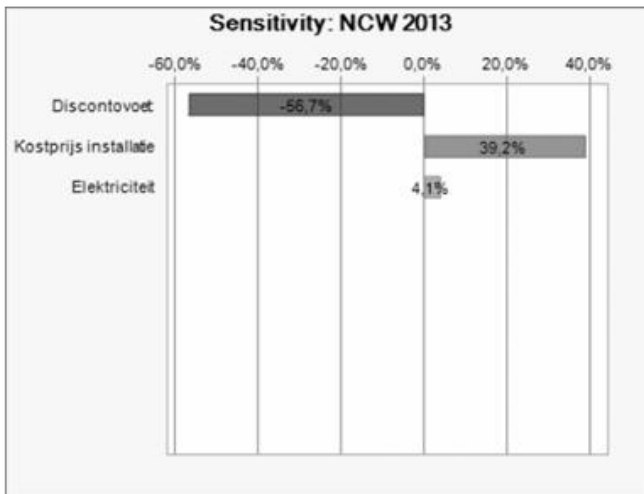
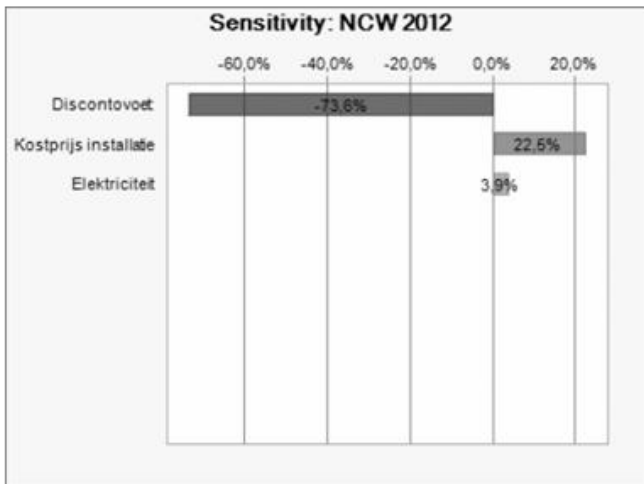
- 2%
- 6%
- 10%

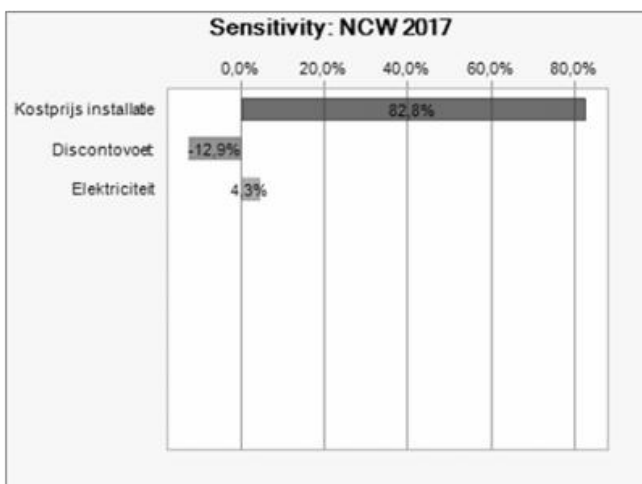
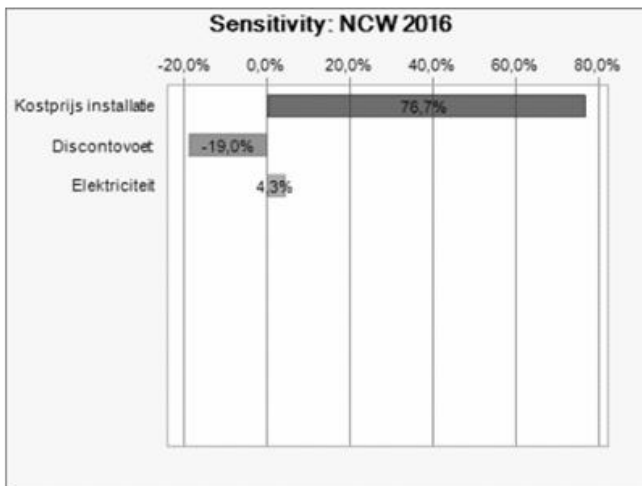
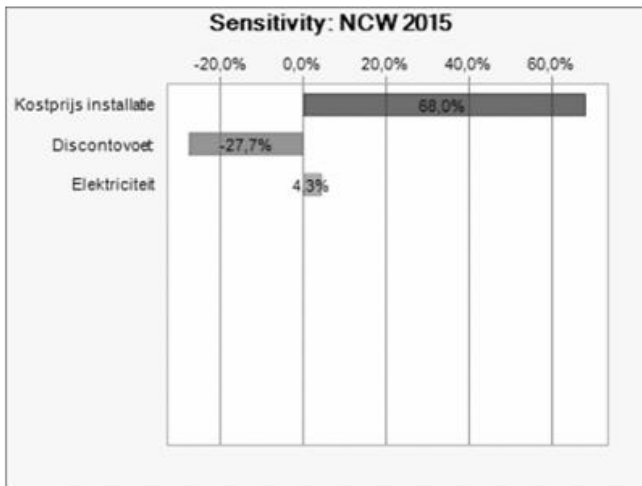


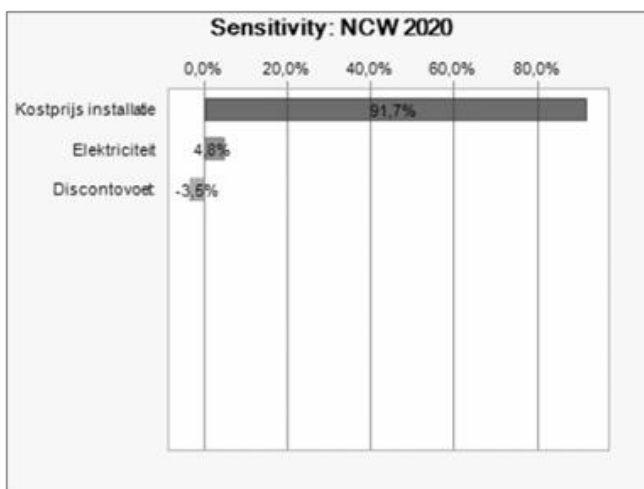
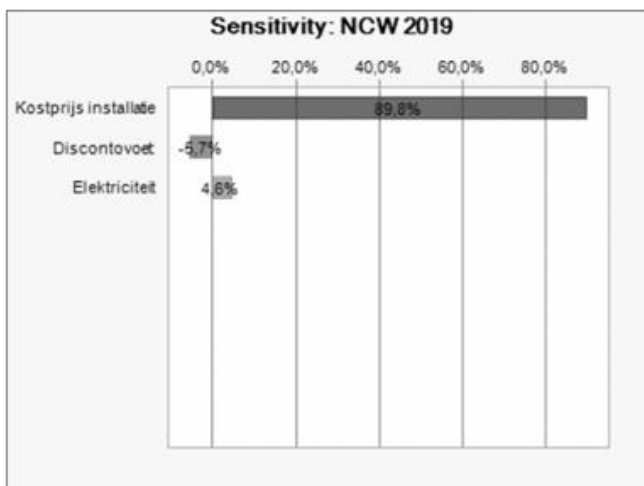
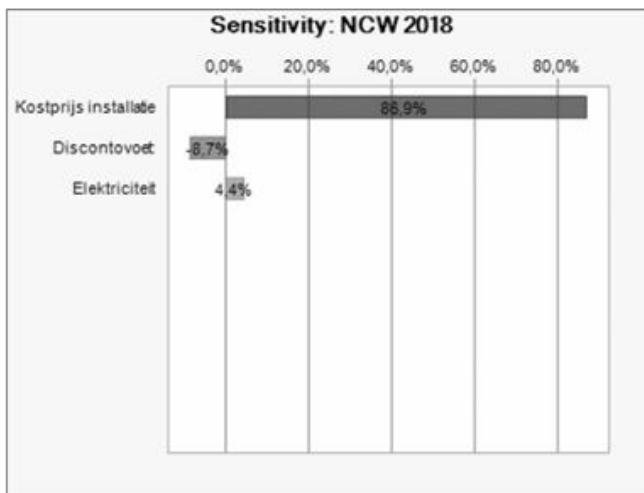
End of Assumptions

Sensitivity Charts









End of Sensitivity Charts

Bijlage 3: Simulatie 2: Assumptions and Sensitivity charts

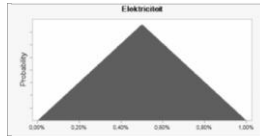
Assumptions

Worksheet: [FINAAL GSC Sensitiviteit CB.xlsx]Data

Assumption: Elektriciteit

Cell: E13

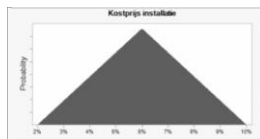
Triangular distribution with parameters:
 Minimum 0,00%
 Likeliest 0,50%
 Maximum 1,00%



Assumption: Kostprijs installatie

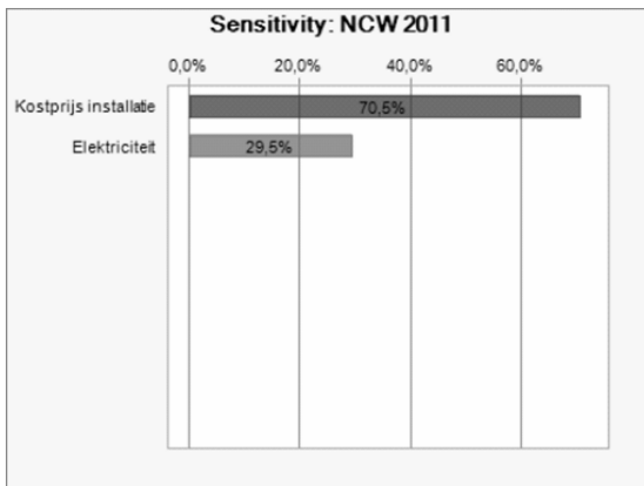
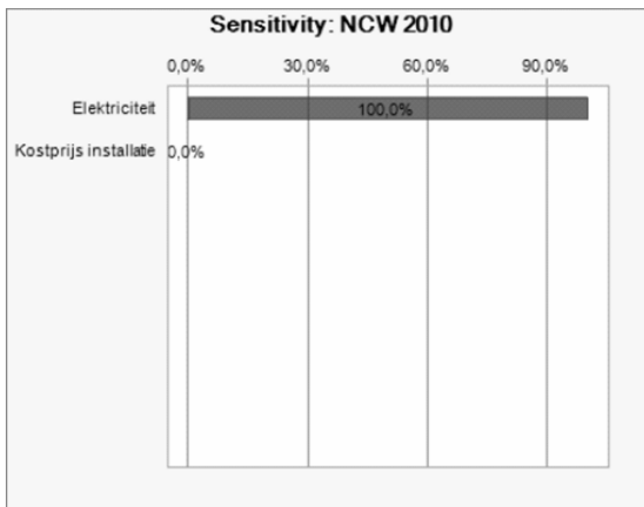
Cell: E9

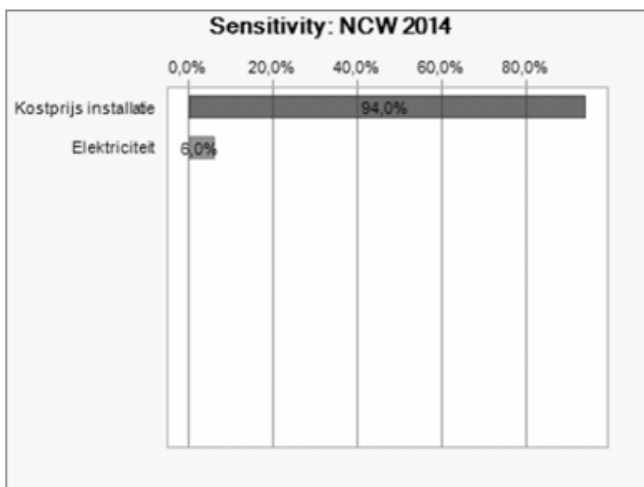
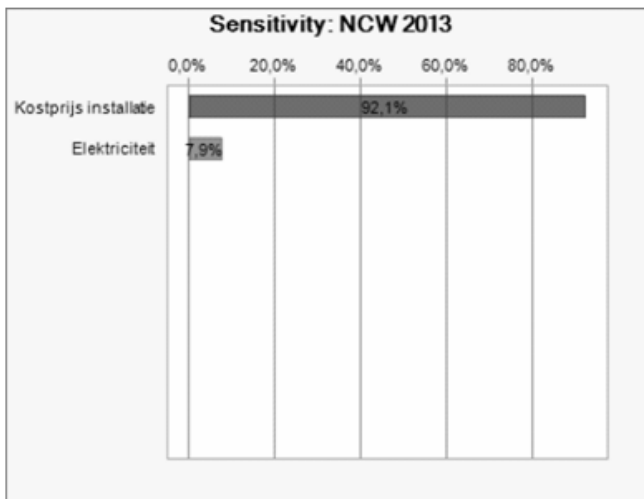
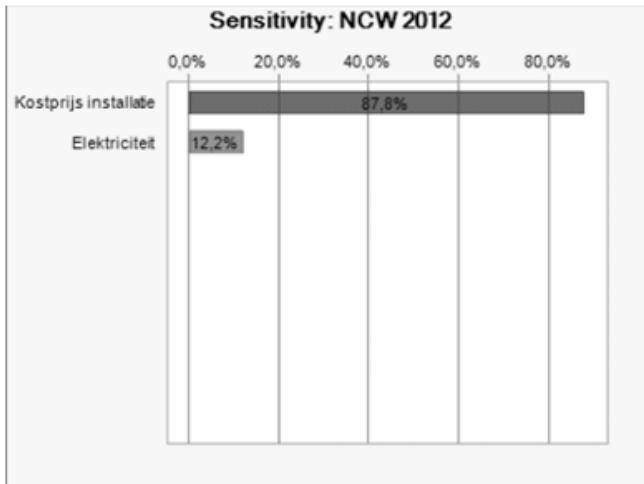
Triangular distribution with parameters:
 Minimum 2%
 Likeliest 6%
 Maximum 10%

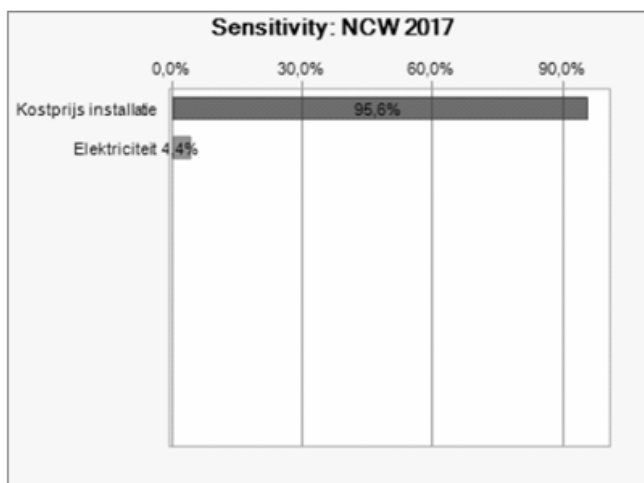
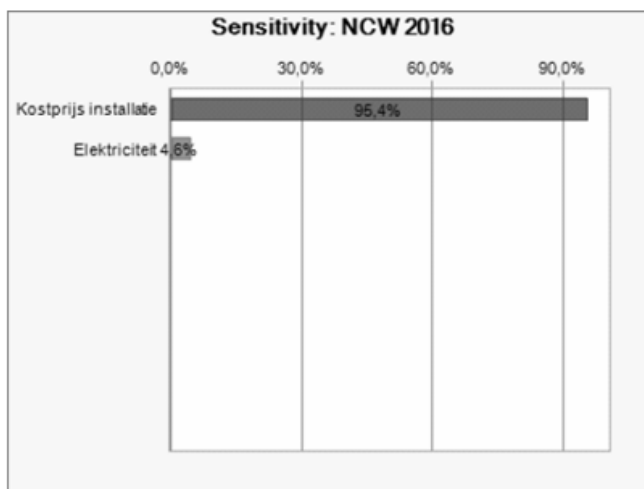
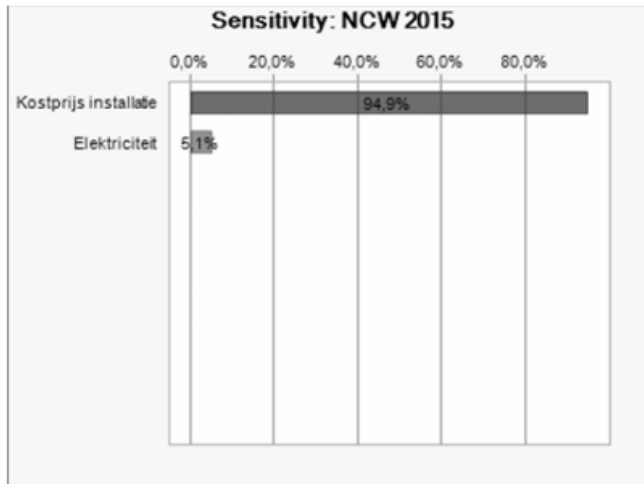


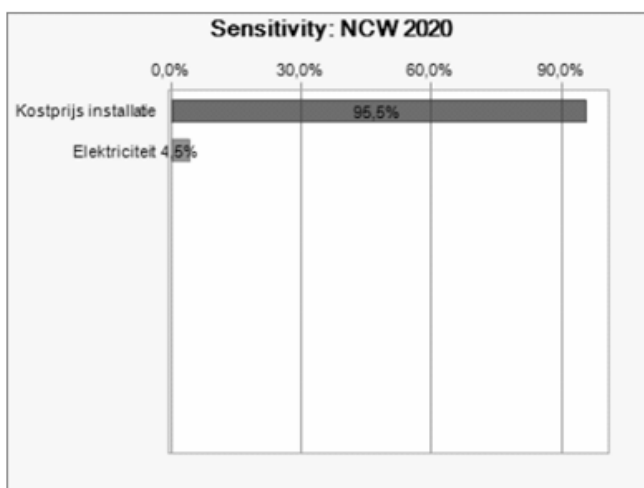
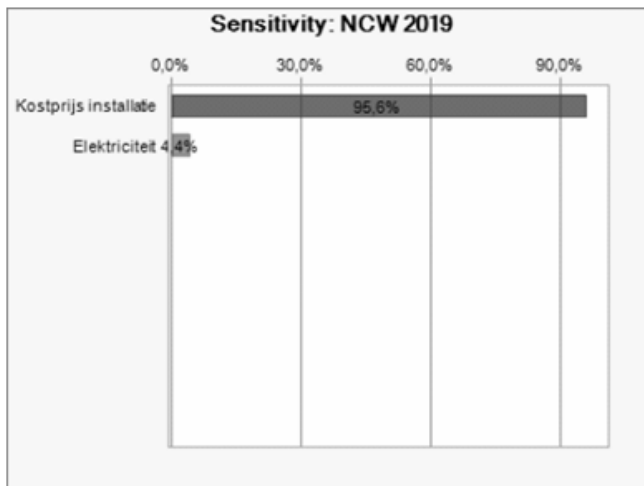
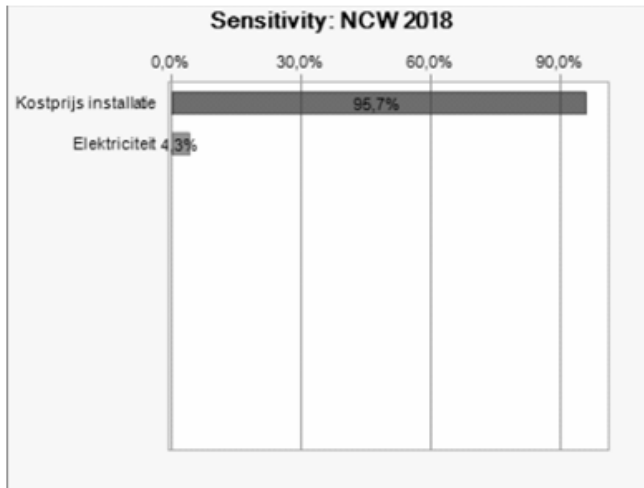
End of Assumptions

Sensitivity Charts









End of Sensitivity Charts

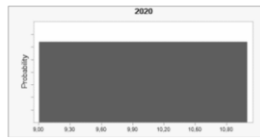
Bijlage 4: Simulatie 3: Assumptions and Sensitivity charts

Assumption: 2020

Cell: B29

Uniform distribution with parameters:

Minimum 9,00
Maximum 11,00

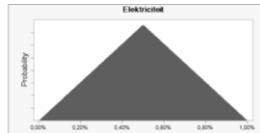


Assumption: Elektriciteit

Cell: E13

Triangular distribution with parameters:

Minimum 0,00%
Likeliest 0,50%
Maximum 1,00%

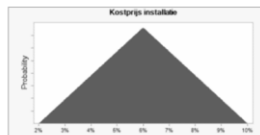


Assumption: Kostprijs installatie

Cell: E9

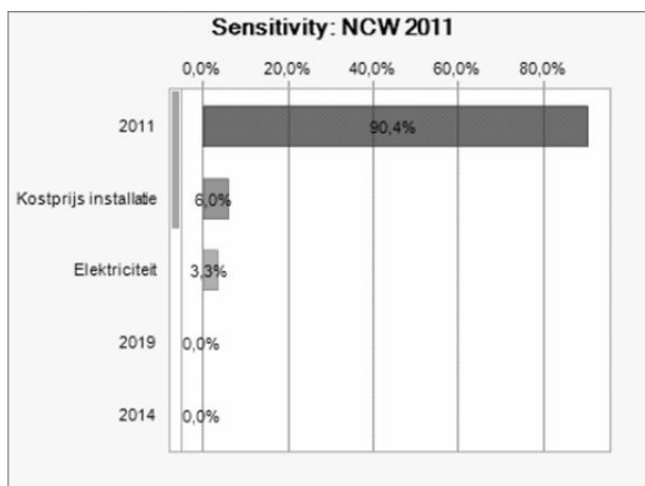
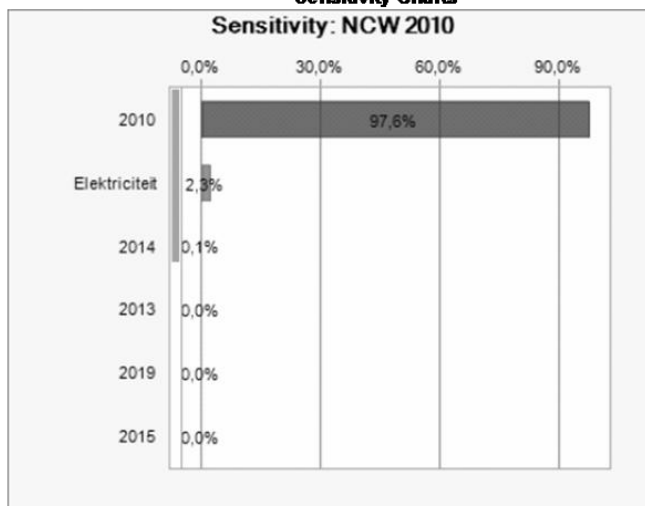
Triangular distribution with parameters:

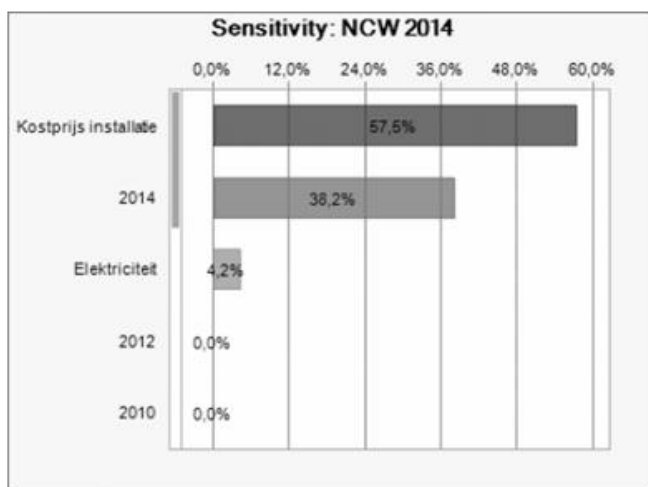
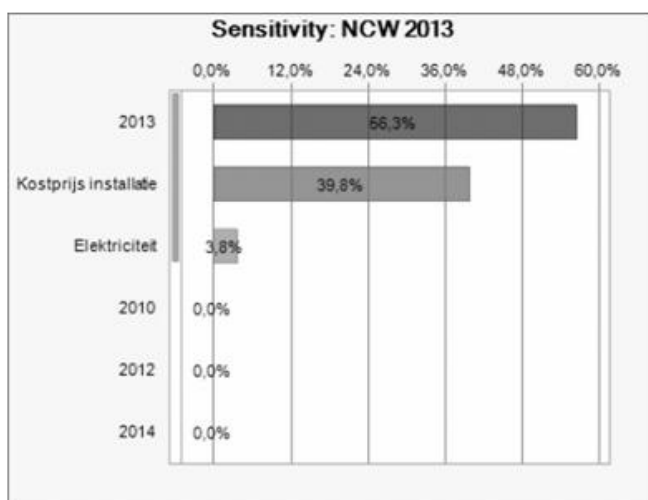
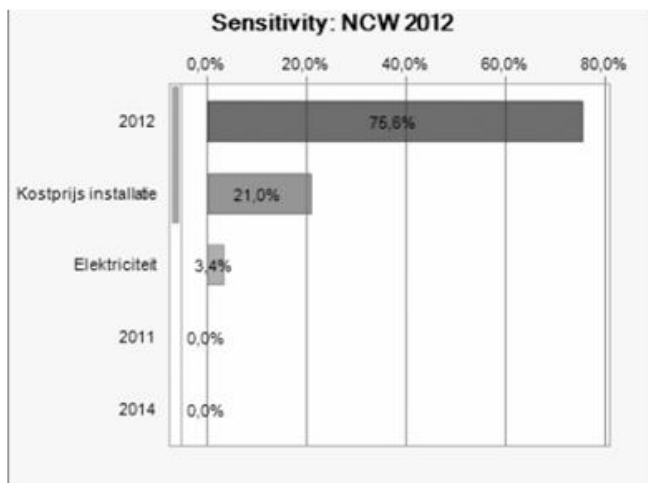
Minimum 2%
Likeliest 6%
Maximum 10%

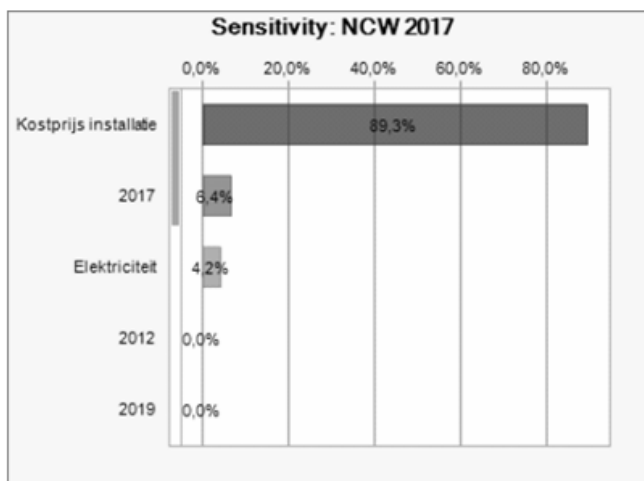
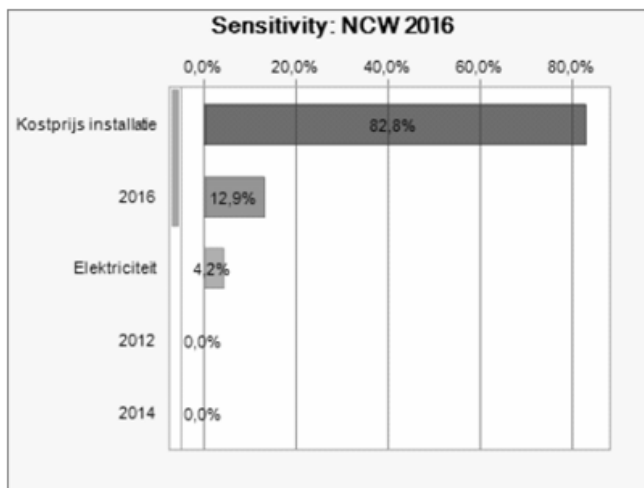
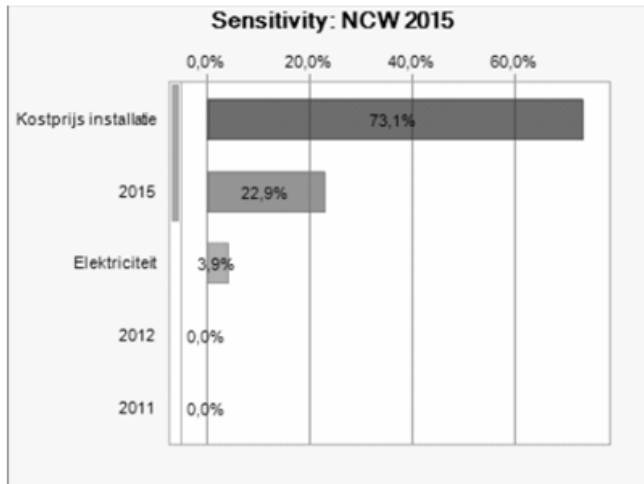


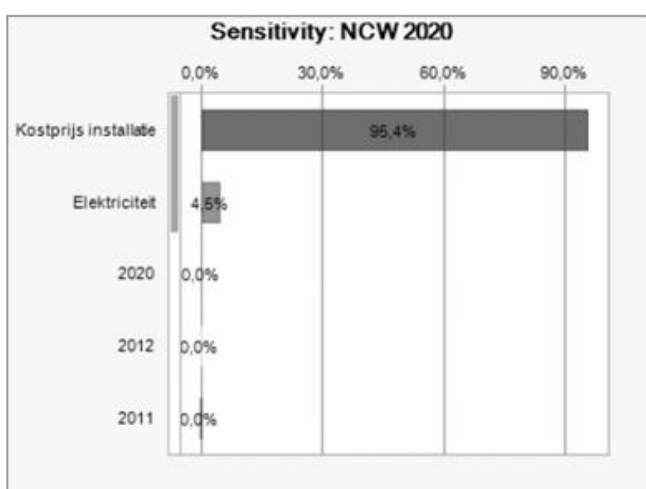
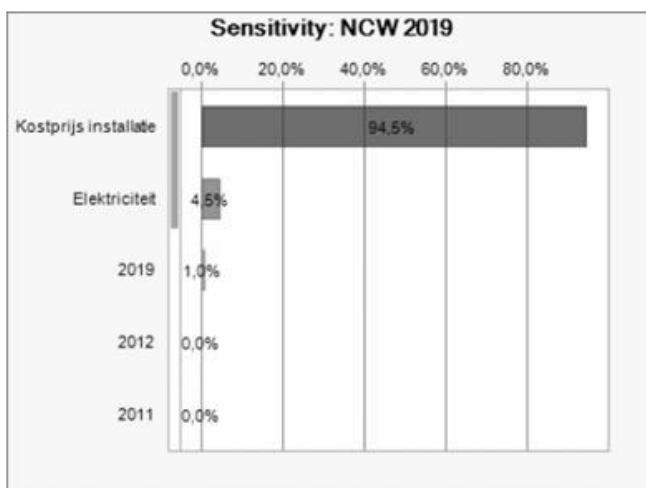
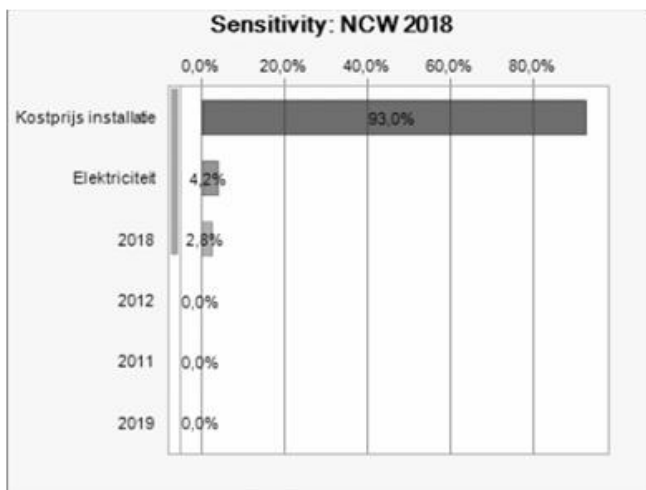
End of Assumptions

Sensitivity Charts









End of Sensitivity Charts

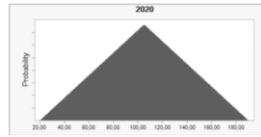
Bijlage 5: Simulatie 4: Assumptions and Sensitivity charts

Assumption: 2020

Cell: B29

Triangular distribution with parameters:

| | |
|-----------|--------|
| Minimum | 20,00 |
| Likeliest | 105,00 |
| Maximum | 190,00 |

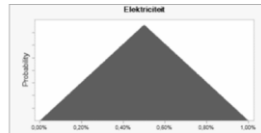


Assumption: Elektriciteit

Cell: E13

Triangular distribution with parameters:

| | |
|-----------|-------|
| Minimum | 0,00% |
| Likeliest | 0,50% |
| Maximum | 1,00% |

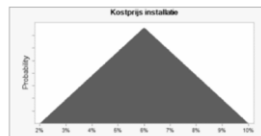


Assumption: Kostprijs installatie

Cell: E9

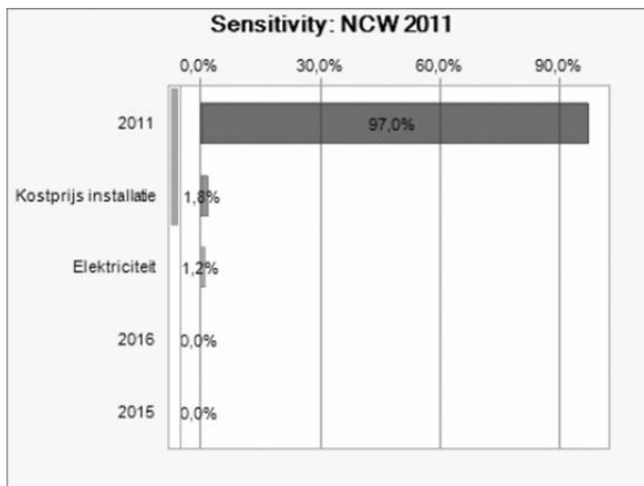
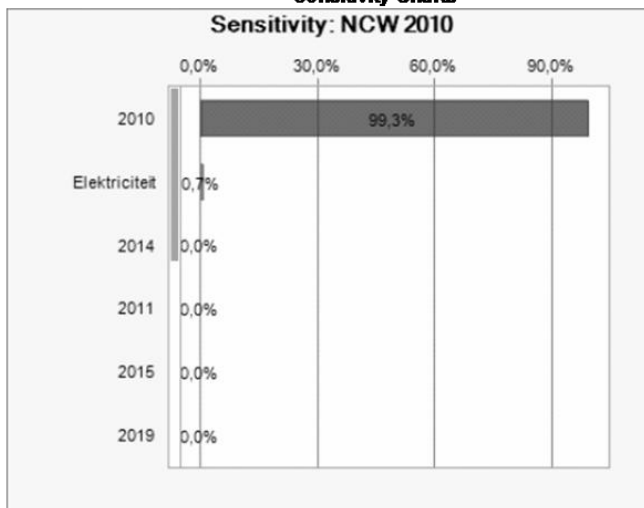
Triangular distribution with parameters:

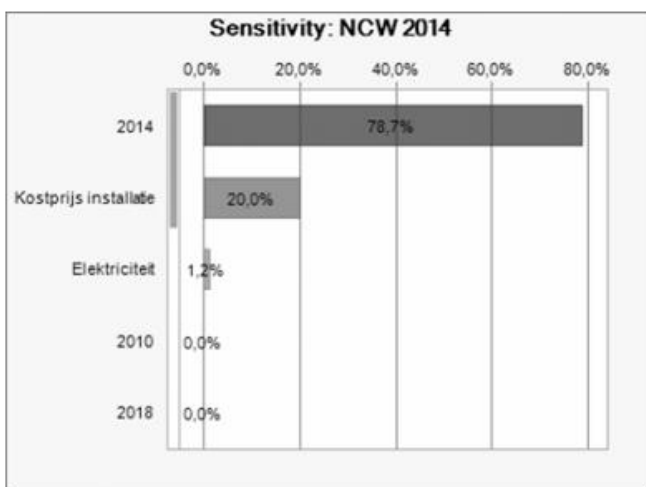
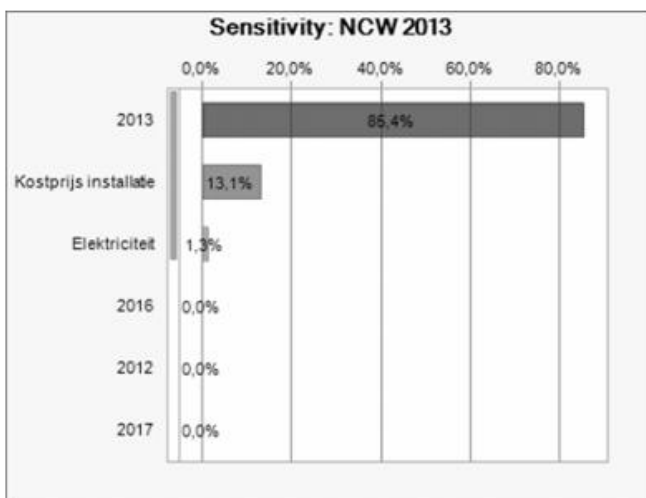
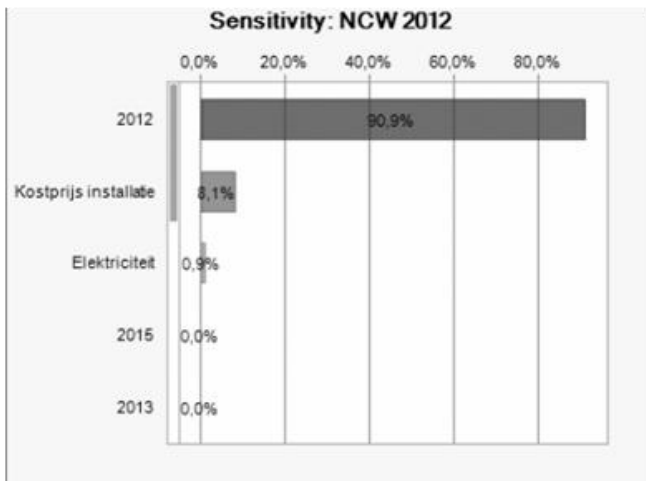
| | |
|-----------|-----|
| Minimum | 2% |
| Likeliest | 6% |
| Maximum | 10% |

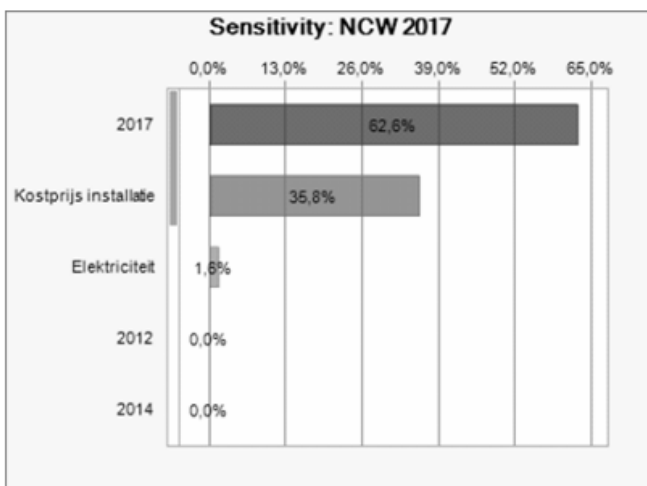
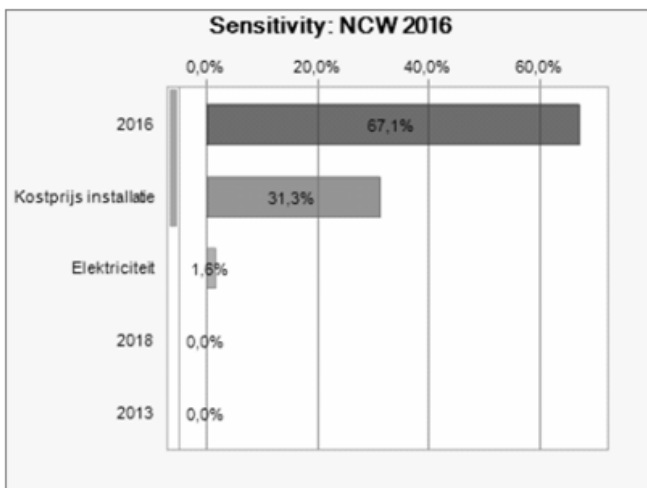
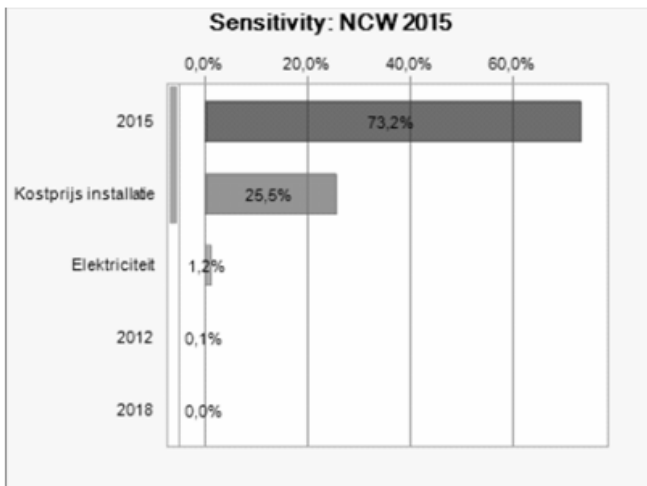


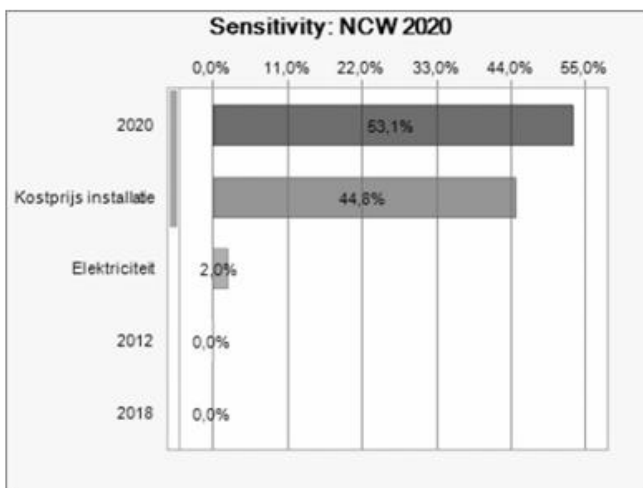
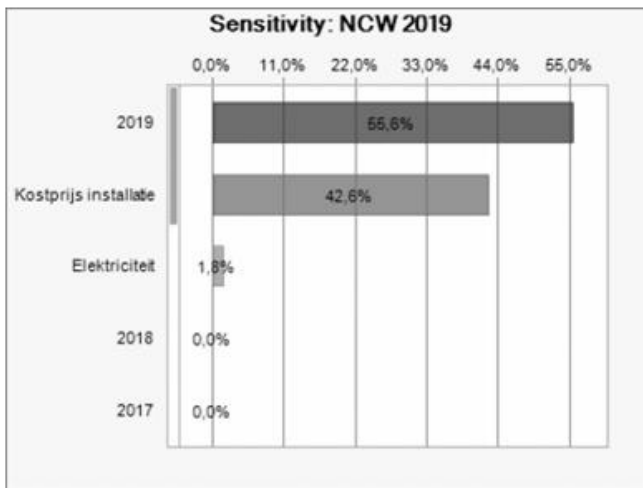
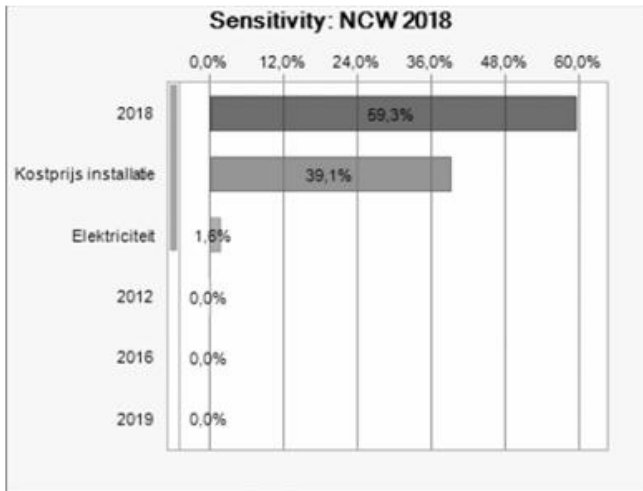
End of Assumptions

Sensitivity Charts









End of Sensitivity Charts

Bijlage 6: Simulatie 5: Assumptions and Sensitivity charts

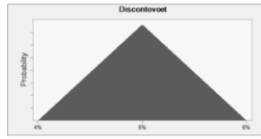
Assumptions:

Assumption: Discontovoet

Cell: E15

Triangular distribution with parameters:

| | |
|-----------|----|
| Minimum | 4% |
| Likeliest | 5% |
| Maximum | 6% |

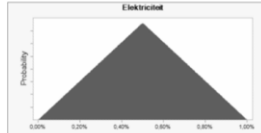


Assumption: Elektriciteit

Cell: E13

Triangular distribution with parameters:

| | |
|-----------|-------|
| Minimum | 0,00% |
| Likeliest | 0,50% |
| Maximum | 1,00% |

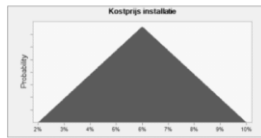


Assumption: Kostprijs installatie

Cell: E9

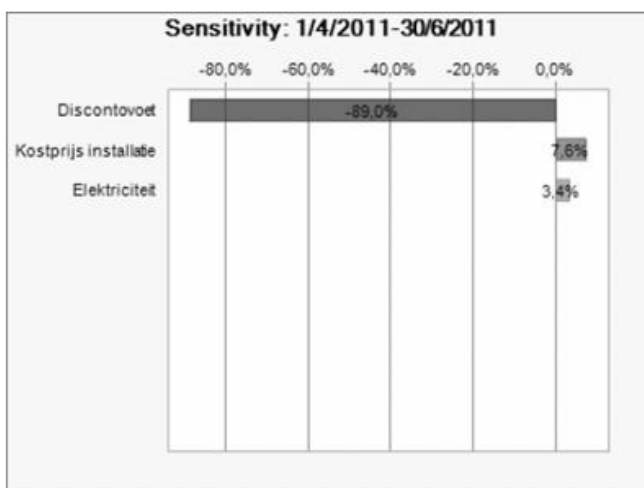
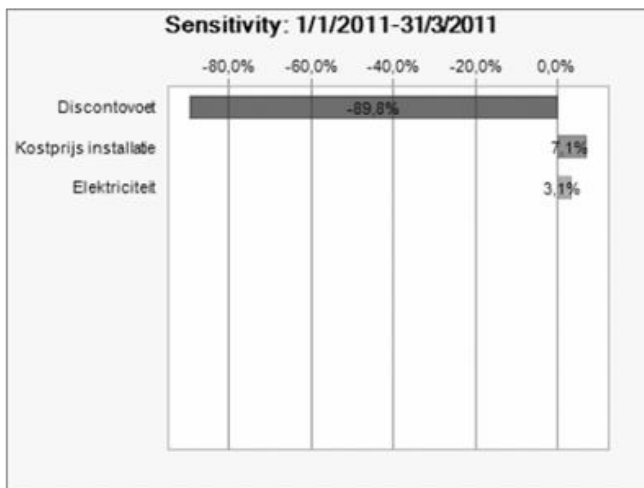
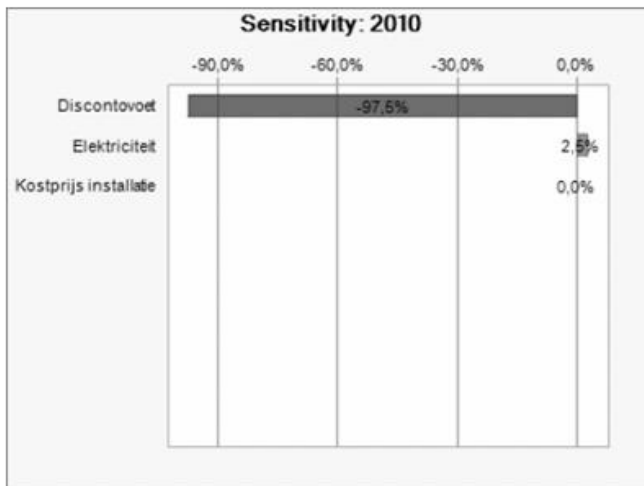
Triangular distribution with parameters:

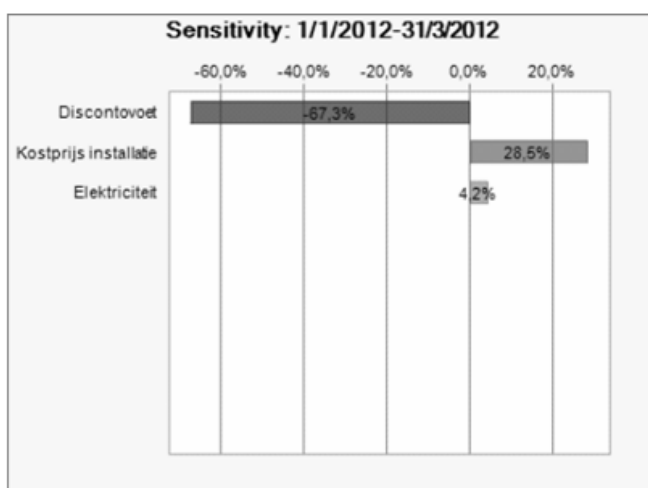
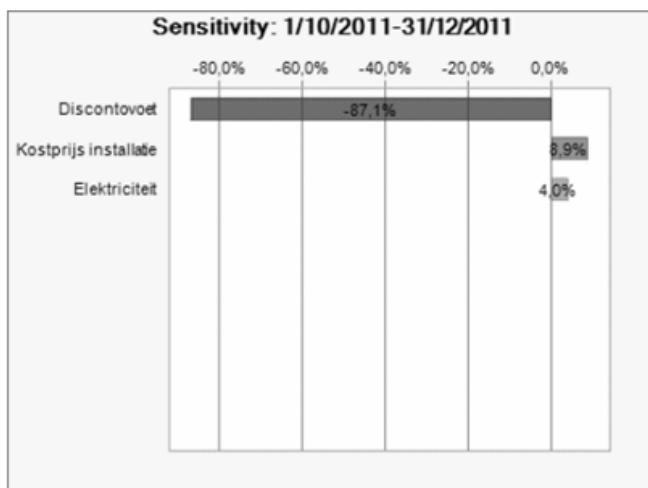
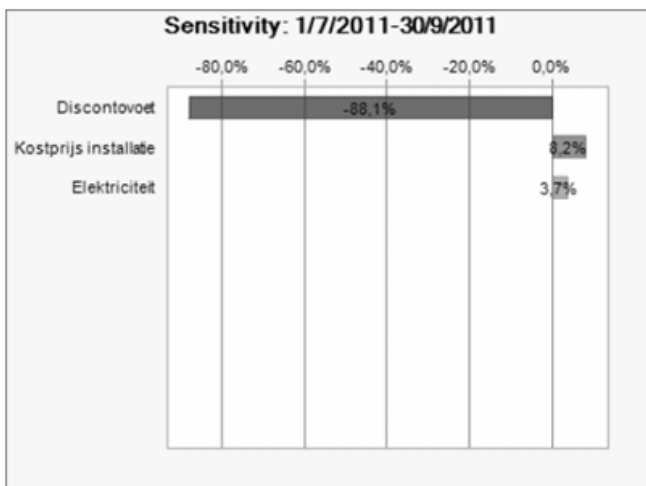
| | |
|-----------|-----|
| Minimum | 2% |
| Likeliest | 6% |
| Maximum | 10% |

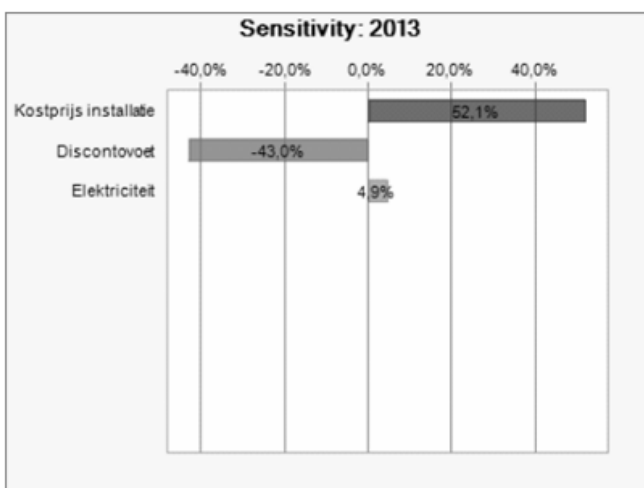
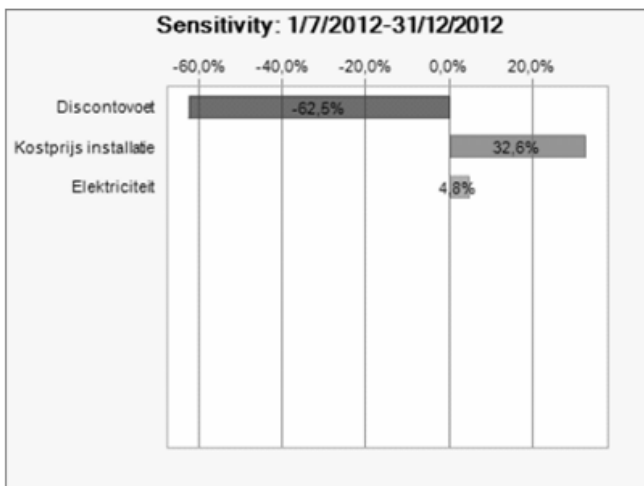
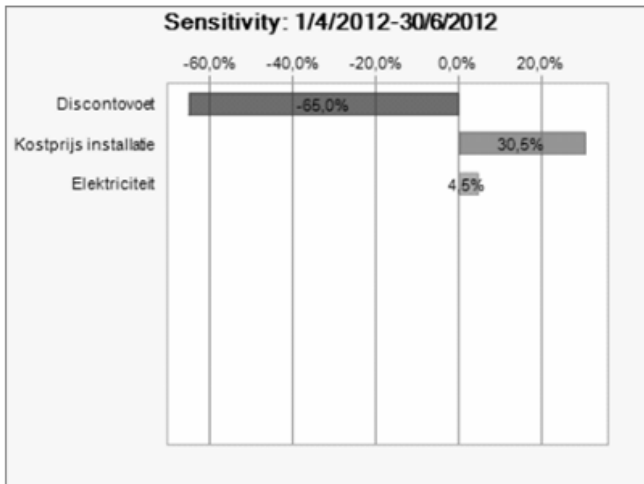


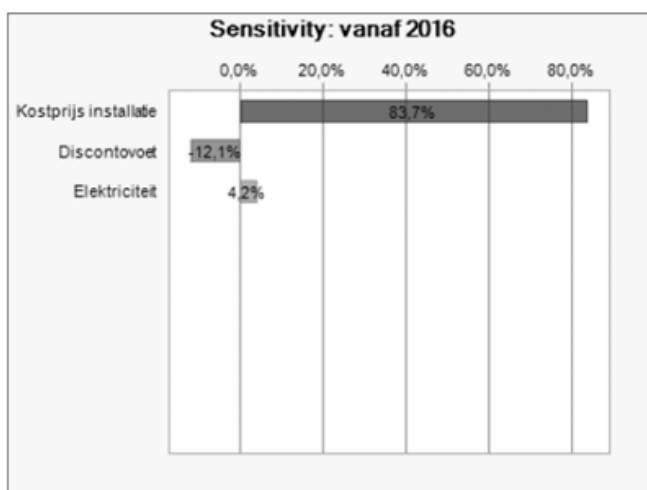
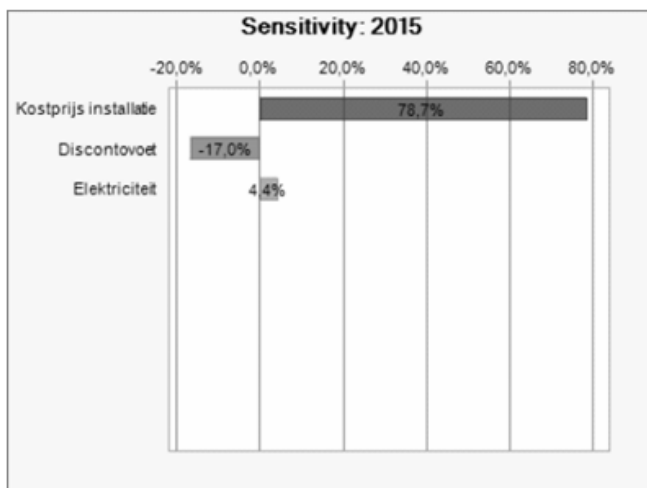
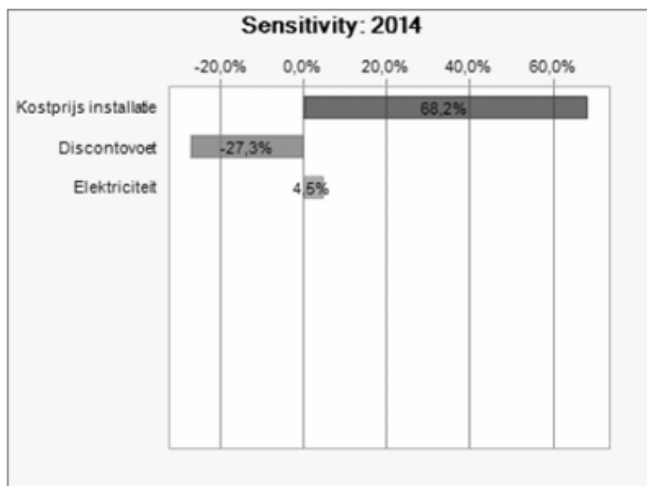
End of Assumptions

Sensitivity Charts









End of Sensitivity Charts

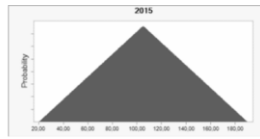
Bijlage 7: Simulatie 6: Assumptions and Sensitivity charts

Assumption: 2016

Cell: B27

Triangular distribution with parameters:

Minimum 20,00
Likeliest 105,00
Maximum 190,00

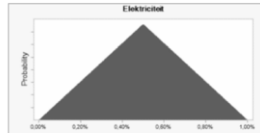


Assumption: Elektriciteit

Cell: E13

Triangular distribution with parameters:

Minimum 0,00%
Likeliest 0,50%
Maximum 1,00%

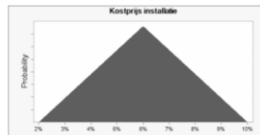


Assumption: Kostprijs installatie

Cell: E9

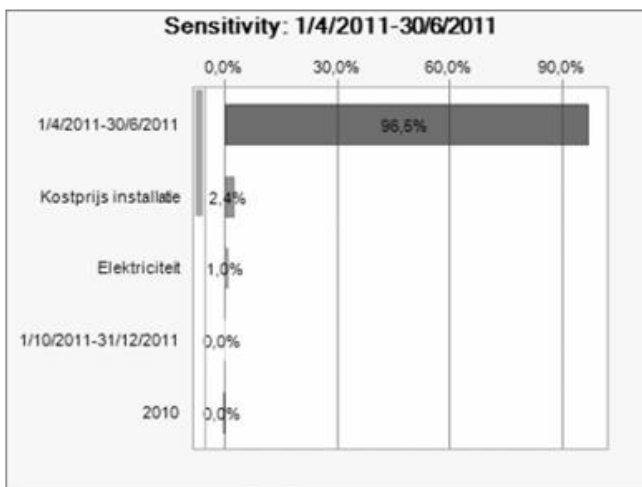
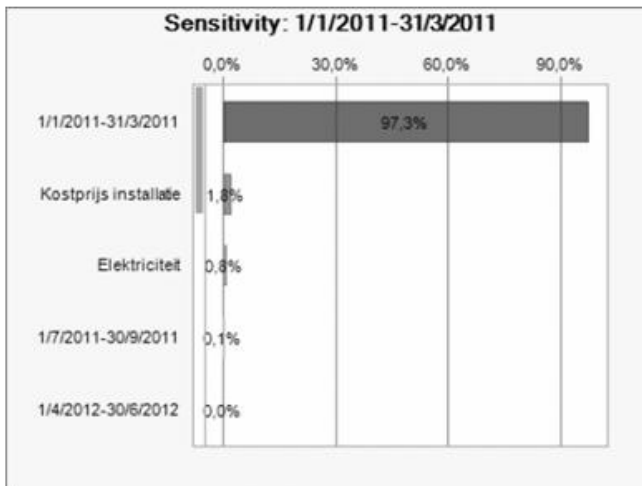
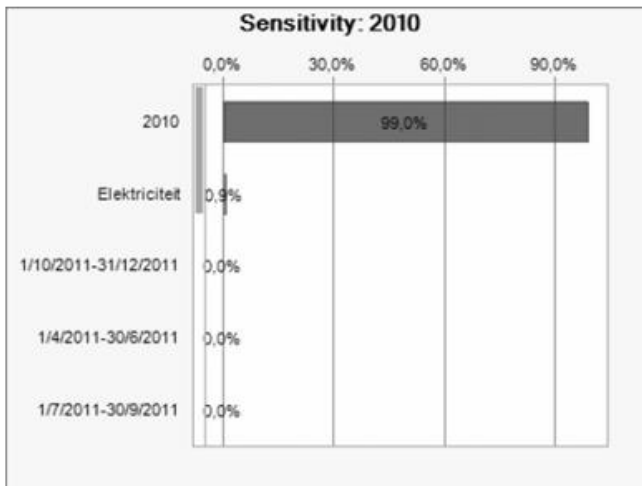
Triangular distribution with parameters:

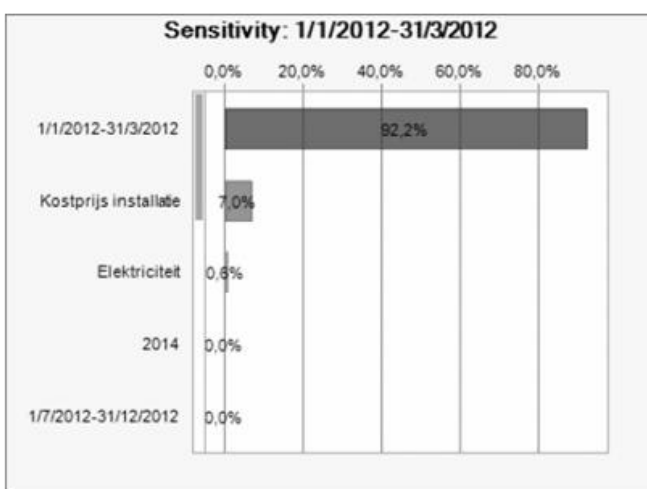
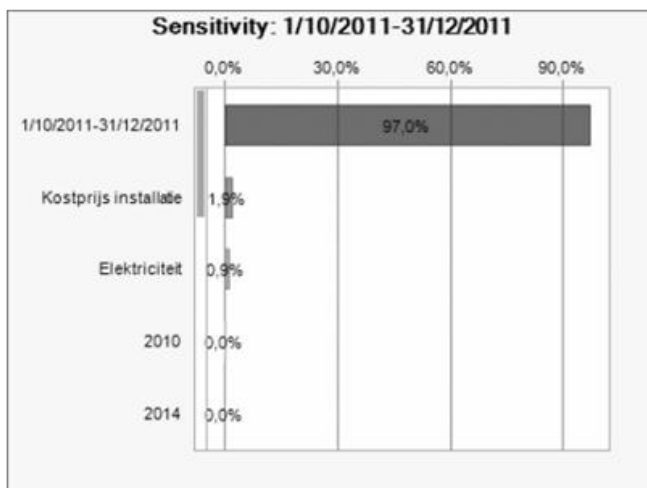
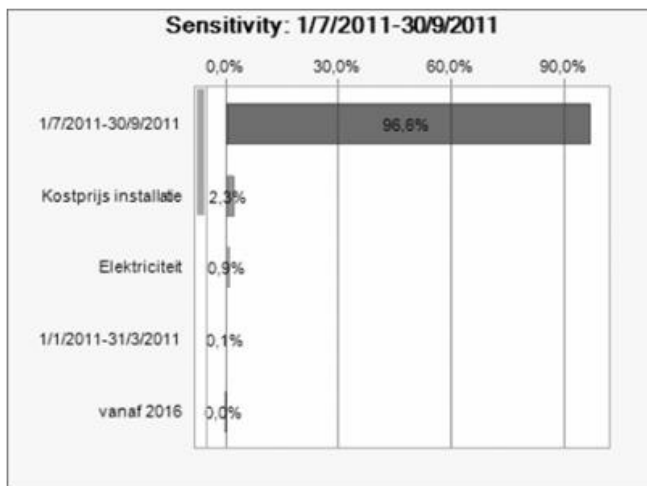
Minimum 2%
Likeliest 6%
Maximum 10%

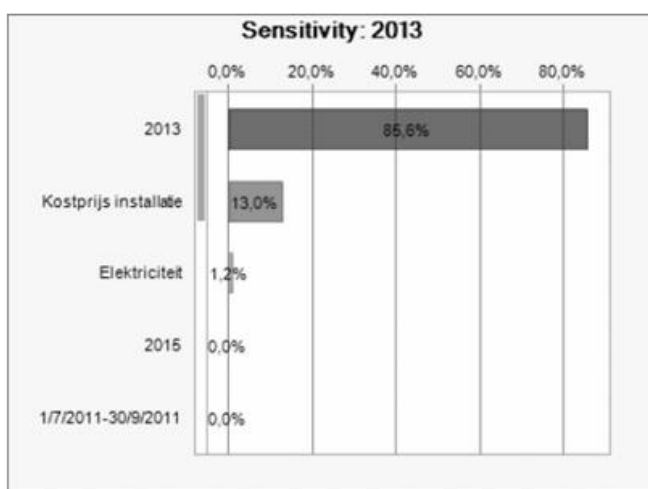
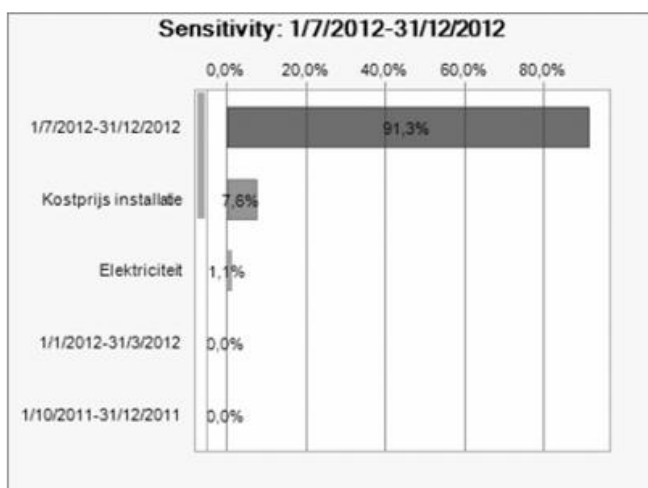
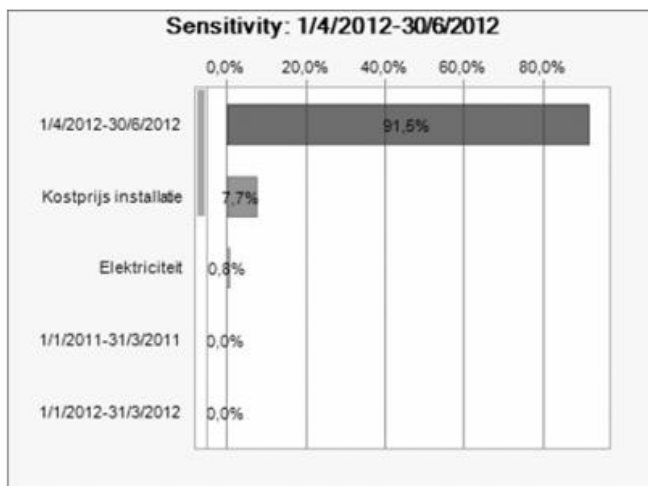


End of Assumptions

Sensitivity Charts







Auteursrechtelijke overeenkomst

Ik/wij verlenen het wereldwijde auteursrecht voor de ingediende eindverhandeling:

Stroom uit zonlicht (fotovoltaïsche stroom): nog rendabel na de prijsverlaging van de groenestroom certificaten?

Richting: **master in de toegepaste economische wetenschappen: handelsingenieur-marketing**

Jaar: **2011**

in alle mogelijke mediaformaten, - bestaande en in de toekomst te ontwikkelen - , aan de Universiteit Hasselt.

Niet tegenstaand deze toekenning van het auteursrecht aan de Universiteit Hasselt behoud ik als auteur het recht om de eindverhandeling, - in zijn geheel of gedeeltelijk -, vrij te reproduceren, (her)publiceren of distribueren zonder de toelating te moeten verkrijgen van de Universiteit Hasselt.

Ik bevestig dat de eindverhandeling mijn origineel werk is, en dat ik het recht heb om de rechten te verlenen die in deze overeenkomst worden beschreven. Ik verklaar tevens dat de eindverhandeling, naar mijn weten, het auteursrecht van anderen niet overtreedt.

Ik verklaar tevens dat ik voor het materiaal in de eindverhandeling dat beschermd wordt door het auteursrecht, de nodige toelatingen heb verkregen zodat ik deze ook aan de Universiteit Hasselt kan overdragen en dat dit duidelijk in de tekst en inhoud van de eindverhandeling werd genotificeerd.

Universiteit Hasselt zal mij als auteur(s) van de eindverhandeling identificeren en zal geen wijzigingen aanbrengen aan de eindverhandeling, uitgezonderd deze toegelaten door deze overeenkomst.

Voor akkoord,

Biesmans, Dimitri

Datum: **1/06/2011**