

Sigma plan

Maatschappelijke Kosten-BatenAnalyse

Bestek 16EI/03/34

Syntheserapport

4024-060

Juni 2005

Opdrachtgever

Waterwegen en Zeekanaal NV
Afdeling Zeeschelde

Opdrachthouders



BODEMKUNDIGE DIENST
VAN BELGIE vzw

**Projectconsortium MKBA Sigmaplan
p/a Resource Analysis
Wilrijkstraat 37 bus 1
2140 Antwerpen
tel: 03/270.00.30 fax: 03/270.00.31**

Document	4024-060
Versie	1.0
auteur(s)	Johan Gauderis, Leo De Nocker, Dirk Bulckaen
Datum	10/06/2005
Screeener	Koen Couderé
datum	10/06/2005

Voorwoord

De maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA) van de actualisatie van het Sigmaplan werd tussen oktober 2003 en maart 2005 in opdracht van Afdeling Zeeschelde uitgevoerd. Het voorliggende syntheserapport bevat een samenvatting van de aanpak en de resultaten van de studie.

Omwille van een vlotte leesbaarheid wordt in dit rapport geen omstandige uitleg verstrekt over de gebruikte modellen en rekenmethodes, over de aannames met betrekking tot cruciale parameters en over de gegevensbronnen. Ook literatuurreferenties zijn weggelaten. Al deze zaken worden uitgebreid beschreven in de deelrapporten van de MKBA. In bijlage bij dit rapport bevindt zich een overzicht van alle deelrapporten. De lezer die over bepaalde aspecten van de studie nadere toelichting wenst te bekomen, kan daar vinden welk deelrapport hij of zij moet raadplegen.

In het laatste hoofdstuk van dit rapport wordt het optimale alternatief voor de actualisering van het Sigmaplan beschreven. Het is belangrijk om hier aan te stippen dat het gaat om het optimale alternatief volgens de principes van de maatschappelijke kosten-batenanalyse. De MKBA maakt deel uit van een uitgebreid traject van studies ten behoeve van de actualisatie van het Sigmaplan (zie rubriek 1.4 van het voorliggende rapport). In de ontwikkeling van het optimale planalternatief speelt de MKBA een belangrijke rol, doch er zijn ook andere factoren die in de besluitvorming moeten meegenomen worden, en die kunnen leiden tot een aanpassing van het hier voorgestelde optimale alternatief.

De MKBA waarover hier gerapporteerd wordt, heeft enkel betrekking op de maatregelen die primair op de veiligheid tegen overstromingsrisico's gericht zijn. In een latere fase zal het Sigmaplan geïntegreerd worden met de natuurontwikkelingsprojecten uit de Ontwikkelingsschets 2010, omdat tussen beide groepen van projecten nauwe verbanden bestaan op het vlak van doelstellingen, effecten en geografische ligging. De natuurontwikkelingsprojecten uit de Ontwikkelingsschets 2010 werden reeds elders bestudeerd, en vallen buiten de scope van de MKBA Sigmaplan.

Inhoud

Lijst van figuren	iv
Lijst van tabellen	iv
Lijst van afkortingen	v
1 Inleiding	1
1.1 Aanleiding tot de MKBA: actualisatie van het Sigmaplan.....	1
1.2 Wat is een MKBA?.....	2
1.3 Waarom een MKBA voor de actualisatie van het Sigmaplan?.....	3
1.4 Waar situeert de MKBA zich in het studietraject van de actualisatie van het Sigmaplan?	4
2 Welke alternatieven zijn er voor de actualisatie van het Sigmaplan?	6
2.1 Huidige situatie	6
2.2 Nulalternatief.....	6
2.3 Planalternatieven	6
3 Hoe werd de MKBA uitgevoerd?	13
3.1 Welke kosten en baten werden bestudeerd?	13
3.2 Een keten van modellen	19
3.3 Een kosten-batenanalyse in twee fasen	20
3.4 Hoe wordt de kosten-batenverhouding gemeten?.....	22
3.5 Invulling van de criteria gehanteerd bij de optimalisatie.....	23
4 Wat zijn de besluiten van de MKBA?	24
4.1 De overstromingsrisico's in het nulalternatief zijn aanzienlijk.....	24
4.2 Vergelijking van de planalternatieven	24
5 Hoe ziet het optimale Sigmaplan er uit?	32
5.1 Optimaal Sigmaplan.....	32
5.2 Optimaal Sigmaplan in 2050.....	33
Bijlage A Overzicht van deelrapporten	A-1

Lijst van figuren

Figuur 1:	Het studiegebied: bekken van de Zeeschelde.....	1
Figuur 2:	Risicobenadering: investeringskosten en vermeden overstromingsschade bepalen het na te streven veiligheidsniveau.....	3
Figuur 3:	Situering van de MKBA Sigmaplan.....	5
Figuur 4:	Maeslantkering op de Nieuwe Waterweg, Nederland	7
Figuur 5:	Voorbeelden van kleine stormvloedkeringen.....	8
Figuur 6:	Locatie van de 15000 ha potentiële overstromingsgebieden (POG's) langs de Zeeschelde en haar bijrivieren.....	9
Figuur 7:	Werking van een gecontroleerd overstromingsgebied (GOG)	10
Figuur 8:	Werking van een gecontroleerd gereduceerd getijgebied (GGG)	11
Figuur 9:	Impressie van Overschelde bij Bath	12
Figuur 10:	De opbouw van de totale economische waarde van een ecosysteem, en de wijze waarop het is meegenomen in de kosten-batenanalyse	16
Figuur 11:	Modellen voor de MKBA van het Sigmaplan	19
Figuur 12:	Fasen van de MKBA van het Sigmaplan	21
Figuur 13:	Zones voor de optimalisering van het Sigmaplan.....	21
Figuur 14:	Vergelijking van de planalternatieven	25
Figuur 15:	Optimaal Sigmaplan (OAa of OAb).....	32
Figuur 16:	Optimaal Sigmaplan 2050 (OAa of OAb)	33

Lijst van tabellen

Tabel 1:	Relevante kosten en baten van het Sigmaplan	13
Tabel 2:	Risico in het nulalternatief tot 2100 voor het volledige studiegebied.....	24
Tabel 3:	Overzicht van kosten en baten van alle planalternatieven (miljoen euro in prijzen van 2004)	30
Tabel 4:	Nadere beschrijving van planalternatieven getoond in Figuur 14 en Tabel 3	31
Tabel 5:	Overstromingsgebieden in het optimaal Sigmaplan	32
Tabel 6:	Optimale reservatiegebieden 2050.....	33

Lijst van afkortingen

CLE	Centrum voor Landbouweconomie
CPB	Centraal Planbureau (Nederland)
GGG	Gecontroleerd gereduceerd getijdengebied
GOG	Gecontroleerd overstromingsgebied
KBR	Gecontroleerd overstromingsgebied Kruibeke-Bazel-Rupelmonde
m.e.r.	Milieueffectenrapportage
MER	Milieueffectenrapport
MKBA	Maatschappelijke kosten-batenanalyse
NCW	Netto contante waarde
OMES	Onderzoek naar de milieueffecten van het Sigmaplan
SVK	Stormvloedkering
TAW	Tweede algemene waterpassing

1 Inleiding

1.1 Aanleiding tot de MKBA: actualisatie van het Sigmoplan

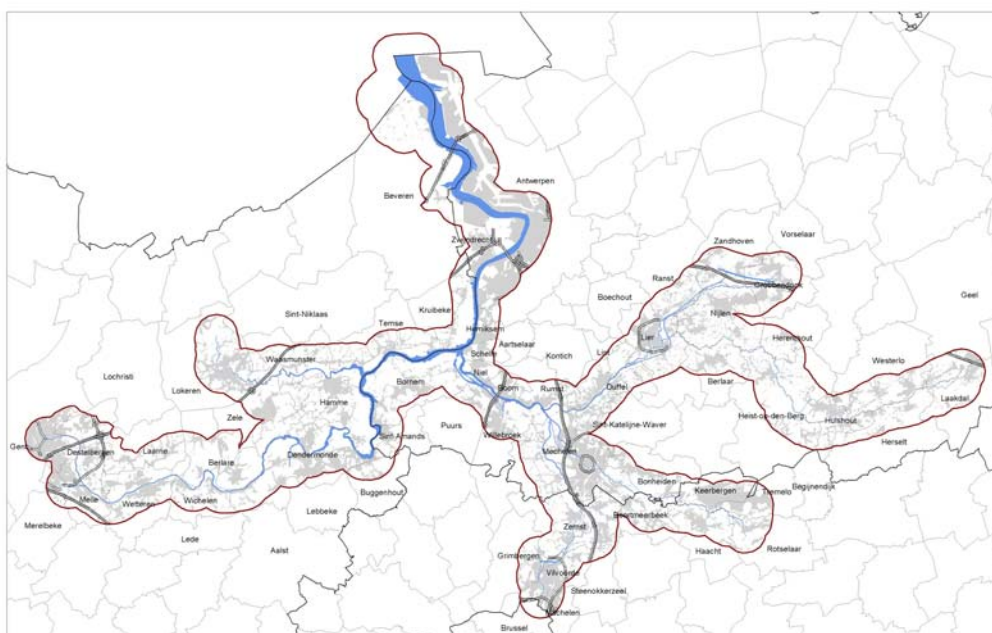
Het hoofddoel van het Sigmoplan is de beveiliging van het Zeescheldebekken tegen stormvloeden. Het oorspronkelijke Sigmoplan werd opgesteld in 1977, naar aanleiding van de overstromingsramp van januari 1976. Het bestond uit drie groepen van maatregelen: de verhoging en versterking van ongeveer 500 km dijken, de aanleg van 13 gecontroleerde overstromingsgebieden (GOG's) en de bouw van een stormvloedkering in de Schelde ter hoogte van Oosterweel.

De bouw van de stormvloedkering werd in 1985 voor onbepaalde tijd uitgesteld, nadat een evaluatiestudie had aangetoond dat de kosten ervan de verwachte baten ruimschoots overtroffen. De andere maatregelen zijn vandaag grotendeels uitgevoerd.

Een kwart eeuw later is het Sigmoplan om verschillende redenen aan een actualisatie toe. Ten eerste hebben een aantal zware stormen en grote wassen sinds 1990 aangetoond dat het reeds bereikte veiligheidsniveau verder verhoogd moet worden. Bovendien zijn er aanwijzingen dat het overstromingsgevaar in de toekomst nog zal toenemen. De meeste wetenschappers zijn het eens dat het klimaat reeds in de komende decennia kan veranderen, met een stijgende zeespiegel en een stijgende frequentie en intensiteit van stormvloeden tot gevolg. Anderzijds is wegens een groeiend maatschappelijk bewustzijn voor duurzame ontwikkeling ook de visie op waterbeleid in de afgelopen decennia sterk veranderd. Dit heeft zich geuit in een grotere aandacht voor integraal waterbeheer en de ontwikkeling van een "nieuwe veiligheidsbenadering", waarin niet de overstromingskans centraal staat maar het overstromingsrisico (kans maal schade). De vraag stelt zich dan ook of het afwerken van het oorspronkelijke Sigmoplan vandaag nog steeds de beste maatregel is om het veiligheidsniveau te verhogen.

Enkele jaren geleden werd daarom een studietraject gestart om te onderzoeken of er geen betere alternatieven dan het oorspronkelijke Sigmoplan zijn om het overstromingsrisico in het Zeescheldebekken te verminderen. De MKBA maakt deel uit van dit studietraject.

Figuur 1: Het studiegebied: bekken van de Zeeschelde



1.2 Wat is een MKBA?

In een MKBA worden alle huidige en toekomstige voor- en nadelen (baten en kosten) die leden van de gemeenschap van een project of beleidsmaatregel ondervinden, tegen elkaar afgewogen door ze in geld uit te drukken.

De MKBA is een integraal afwegingsinstrument. Dit betekent dat in principe alle effecten van het project of de beleidsmaatregel die maatschappelijk van belang zijn, geëvalueerd worden. Dus niet enkel de financiële effecten (geldelijke uitgaven en inkomsten), maar ook niet-financiële aspecten zoals milieu, veiligheid, werkgelegenheid, enz. Omdat alle effecten in geld uitgedrukt worden, laat de methode toe om ongelijksoortige effecten met elkaar te vergelijken en bij elkaar op te tellen.

In een MKBA wordt een project vanuit het standpunt van de gehele gemeenschap beoordeeld, inbegrepen toekomstige generaties. Ze gaat verder dan een financiële analyse die door private investeerders vereist wordt. Voor private investeerders zijn enkele de geldelijke kosten en inkomsten van belang, omdat die de opbrengst van hun investering bepalen. In een MKBA komen ook aspecten van maatschappelijke rentabiliteit aan bod die niet leiden tot geldelijke stromen, en dus voor een private investeerder niet relevant zijn. Voorbeelden zijn de verandering van het aantal ongevallen, van emissies, enz.

De MKBA is een economisch beoordelingsinstrument. Dit betekent dat alle effecten in uiteindelijk geldtermen uitgedrukt worden. Deze geldbedragen weerspiegelen de som van de waarden die alle door het project beïnvloede partijen aan het project of de beleidsmaatregel toekennen. Bij financiële effecten kan de geldwaarde onmiddellijk uit de marktprijs afgeleid worden. Voor niet-financiële effecten bestaat echter geen markt en dus ook geen marktprijs. Met behulp van geëigende analysetechnieken is het evenwel mogelijk om voor deze effecten toch een geldelijke waardering te bepalen.

De MKBA is gegrond in de welvaarteconomische theorie. Bijgevolg is het een intern coherente en wetenschappelijk onderbouwde methode.

Iets hoger werd vermeld dat de MKBA een integraal afwegingsinstrument is. Dit betekent evenwel niet dat een MKBA als enige evaluatiemethode volstaat.

- Ten eerste resulteert een MKBA in een soort koopgids, die wel kan aangeven of projecten rendabel zijn, maar niet toelaat om zonder bijkomende criteria (bijv. budgetbeperking, minimum veiligheidsbaat, maximum terugverdientijd, ...) te kiezen tussen rendabele projecten. Er moeten dus altijd bijkomende criteria worden bepaald.
- Ten tweede is de MKBA gebaseerd op een welbepaald waardestelsel, namelijk dat van de welvaarteconomische theorie. Er bestaan echter andere, geldige waardestelsels die mogelijk tot andere besluiten leiden.
- Ten derde is het in de praktijk wegens het ontbreken van gegevens of wegens methodologische problemen meestal niet mogelijk om alle effecten in geldtermen uit te drukken. In dat geval is de MKBA niet langer integraal.
- Tot slot geeft een MKBA aan of het project rendabel is voor de maatschappij als geheel, maar dit zegt niks over mogelijke verdelingsaspecten van de maatregelen, en evenmin of bijv. adequate compensatie van verliezers of verdeling van de welvaartswinst makkelijk te organiseren is.

Bijgevolg is het noodzakelijk om duidelijk de bijkomende criteria op te lijsten. Dit wordt gedaan in hoofdstuk 4.2, zowel voor een eerste vergelijking van planalternatieven als voor een verdere optimalisatie, die enkele extra criteria vereist.

Ten tweede is het aangewezen om de MKBA toe te passen naast andere evaluatie-instrumenten, die het project vanuit andere invalshoeken bekijken (bijvoorbeeld milieueffectenrapportage). Voor de actualisatie van het Sigmaplan is dat ook gebeurd (zie rubriek 1.4).

1.3 Waarom een MKBA voor de actualisatie van het Sigmaplan?

De MKBA kan een antwoord geven op de twee volgende vragen:

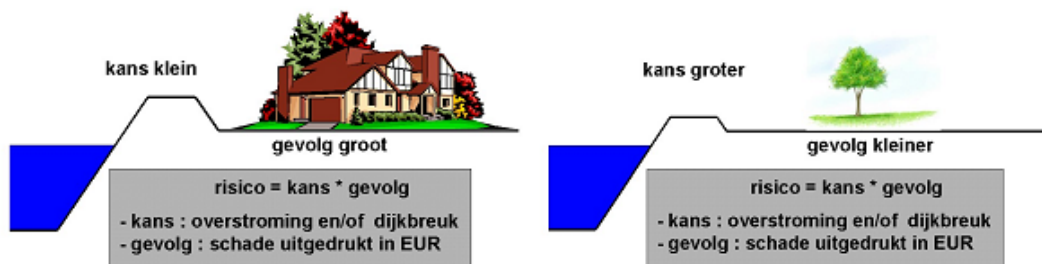
- Draagt het project of plan bij tot een vergroting van de maatschappelijke welvaart, en in welke mate?
- Welk project- of planalternatief is het beste en verdient de voorkeur?

Dit betekent dat een MKBA bijdraagt tot het (al of niet) aantonen van de nut en noodzaak van een project en van overheidsinvesteringen in een project. Bovendien kan een MKBA gebruikt worden voor de identificatie en verdere ontwikkeling van het beste projectalternatief. Een MKBA is dan ook een logisch onderdeel van het besluitvormingsproces rond grote investeringsprojecten van de overheid, zoals het Sigmaplan.

Het instrument van de MKBA sluit zeer goed aan op de “nieuwe veiligheidsbenadering” in het waterbeheer. In de traditionele benadering werd gestreefd naar een bepaalde veiligheidsniveau, uitgedrukt als de kans dat een overstroming voorkomt. Voor deze kans werd een uniforme doelstelling voor het gehele Zeescheldebekken opgelegd, bijvoorbeeld een kans op overstromingen van hoogstens 1 maal in 4000 jaar. Het uitgangspunt van de nieuwe benadering is dat overstromingen niet altijd kunnen vermeden worden. De opdracht van de waterbeheerder is om de onvermijdbare overstromingen zodanig onder controle te brengen dat zij een minimale schade veroorzaken. De doelstelling is dus niet het behalen van een bepaalde kans op overstromingen, maar wel de minimalisering van het overstromingsrisico (kans maal schade), rekening houdende met de maatschappelijke kosten van de veiligheidsmaatregelen zelf.

De nieuwe veiligheidsbenadering is dus expliciet gebaseerd op een afweging van maatschappelijke kosten en baten. Ze leidt tot een gedifferentieerde kans op overstromingen. In gebieden waar de schade van een overstroming groot zou zijn (bijvoorbeeld in een woongebied), moet een lage overstromingskans bereikt worden. Anderzijds kan de waterbeheersingsinfrastructuur in gebieden waar de gevolgen van een overstroming minder ernstig zijn, lichter gedimensioneerd worden.

Figuur 2: Risicobenadering: investeringskosten en vermeden overstromingsschade bepalen het na te streven veiligheidsniveau



Om een geactualiseerd Sigmaplan te ontwerpen overeenkomstig de nieuwe veiligheidsbenadering, is een MKBA nodig.

1.4 Waar situeert de MKBA zich in het studietraject van de actualisatie van het Sigmaplan?

De MKBA kadert in een geheel van met elkaar verbonden studies waarin alternatieve oplossingen voor de overstromingsproblematiek in het Zeescheldebekken worden geanalyseerd, geëvalueerd en afgewogen, ten einde de ontwikkeling en keuze van een optimale oplossing te ondersteunen (zie overzicht in Figuur 3). Hieronder worden de belangrijkste relaties toegelicht.

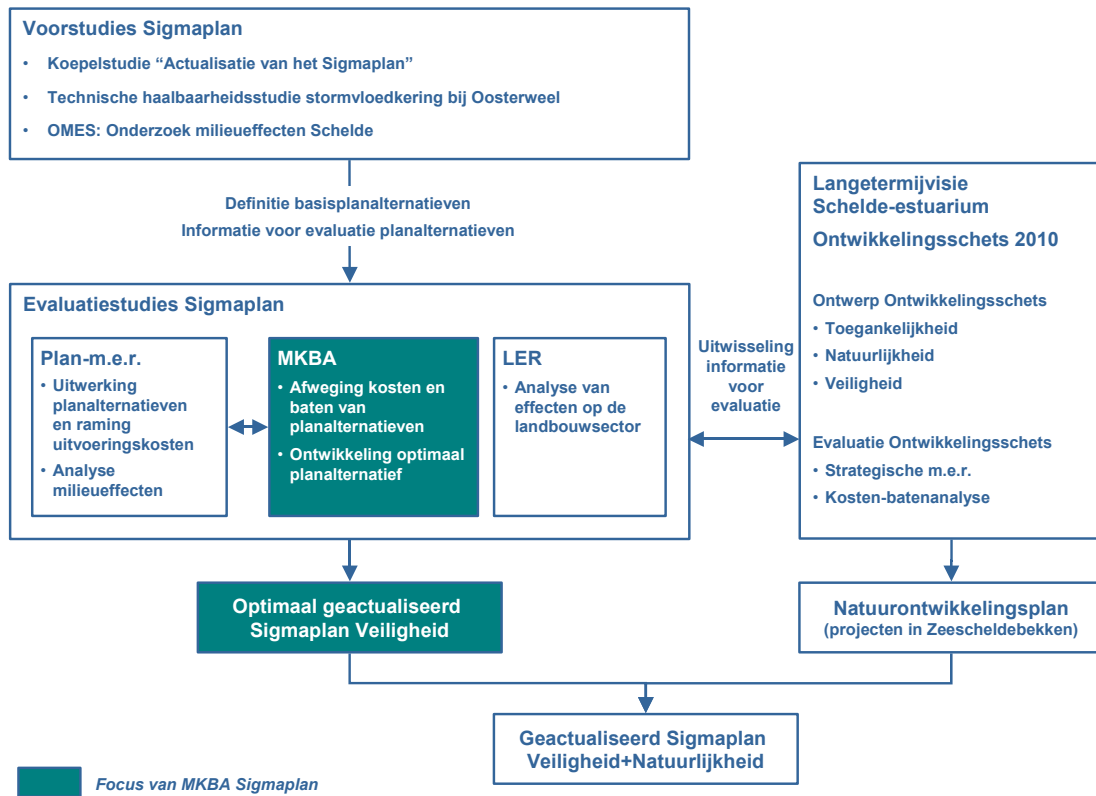
- Bij de uitvoering van de MKBA worden vele resultaten van de voorstudies van de actualisatie van het Sigmaplan gebruikt.
- Daarnaast is er een sterke interactie met de milieueffectenrapportage van het Sigmaplan. De planalternatieven aangereikt door de voorstudies worden in de plan-m.e.r.-studie verder uitgewerkt. Tevens worden daar de uitvoeringskosten (aanleg en onderhoud) geraamd. In omgekeerde richting leiden de resultaten van de MKBA tot de ontwikkeling van betere alternatieven, waarvan in de plan-m.e.r. de milieueffecten bestudeerd worden.
- Tenslotte is er een uitwisseling met de planstudies van de Langetermijnvisie voor het Schelde-estuarium. Het Sigmaplan maakt deel uit van de Ontwikkelingsschets 2010, en de resultaten van de plan-m.e.r. en de MKBA van het Sigmaplan worden gebruikt als input voor de evaluatie van alternatieve ontwerpen voor de Ontwikkelingsschets. Bovendien hebben een aantal projectvoorstellen uit het Sigmaplan en uit de Ontwikkelingsschets grensoverschrijdende effecten op veiligheid. Het betreft met name het Overscheldepject en de stormvloedkering ter hoogte van Oosterweel.

Bijgevolg is er zorg voor gedragen dat de methodiek en uitgangspunten van de MKBA van het Sigmaplan (bijvoorbeeld met betrekking tot de kostenramingen, de gehanteerde tijdshorizon of de discontovoeten) in overeenstemming zijn met de MKBA's die voor de studie van de Ontwikkelingsschets 2010 Schelde-estuarium uitgevoerd zijn. Op één punt zijn de MKBA van het Sigmaplan en de MKBA's van de Ontwikkelingsschets echter niet vergelijkbaar. De voorbeeldprojecten uit het natuurontwikkelingsplan gelegen in Vlaanderen bestrijken ten dele dezelfde gebieden als het Sigmaplan. In de studie van het natuurontwikkelingsplan worden echter andere inrichtingsvarianten beschouwd. Gegevens en resultaten over kosten en baten uit beide studies zijn bijgevolg niet omwisselbaar. De integratie van beide studies gebeurt slechts in een latere fase (zie hieronder).

- De evaluatiestudies van het Sigmaplan monden uit in een optimaal geactualiseerd Sigmaplan. In een volgende fase wordt dit optimaal Sigmaplan geïntegreerd met de natuurontwikkelingsprojecten uit de Ontwikkelingsschets. Hierdoor ontstaat een geactualiseerd Sigmaplan dat zowel tot de veiligheids- als de natuurlijksdoelstellingen voor het Schelde-estuarium bijdraagt.

De focus van de MKBA Sigmaplan (en van het voorliggende rapport) is in Figuur 3 met een groene kleur aangeduid.

Figuur 3: Situering van de MKBA Sigmaplan



2 Welke alternatieven zijn er voor de actualisatie van het Sigmaplan?

2.1 Huidige situatie

In de huidige situatie is het Sigmaplan van 1977 niet volledig uitgevoerd. De volgende planonderdelen zijn niet gerealiseerd:

- de dijken zijn niet overal op Sigmahoogte gebracht;
- niet alle GOG's voldoen aan Sigmanormen;
- het GOG Kruikeke-Bazel-Rupelmonde is niet aangelegd;
- de stormvloedkering ter hoogte van Oosterweel is niet gebouwd.

2.2 Nulalternatief

Het nulalternatief omvat de maatregelen die tot het reeds vastgelegde beleid behoren. In het huidige geval bestaat het nulalternatief uit een verdere afwerking van het oorspronkelijke Sigmaplan, met uitzondering van de stormvloedkering ter hoogte van Oosterweel.

Merk op dat het nulalternatief niet gelijk is aan de huidige situatie. Onderstaand overzicht beschrijft de kenmerken van het nulalternatief:

- de dijken zijn overal op Sigmahoogte gebracht;
- de GOG's zijn opgewaardeerd tot Sigmanormen;
- het GOG Kruikeke-Bazel-Rupelmonde is aangelegd;
- de stormvloedkering ter hoogte van Oosterweel is niet gebouwd (net als in de huidige situatie).

Het nulalternatief is de referentiesituatie. Alle planalternatieven worden ten opzichte van het nulalternatief gewaardeerd.

2.3 Planalternatieven

In de planalternatieven wordt een hoger veiligheidsniveau (of correcter: een lager overstromingsrisico) nagestreefd dan in het nulalternatief. Er zijn verschillende manieren om dit doel te bereiken.

De planalternatieven vallen uiteen in vijf groepen:

1. stormvloedkering ter hoogte van Oosterweel;
2. kleinere stormvloedkeringen in het Rupelbekken in combinatie met dijkverhoging;
3. dijkverhoging;
4. overstromingsgebieden in combinatie met lokale dijkverhogingen ("ruimte voor de rivier");
5. Overschelde.

2.3.1 Stormvloedkering ter hoogte van Oosterweel

In dit alternatief wordt het oorspronkelijke Sigmaplan van 1977 volledig uitgevoerd. In vergelijking met het nulalternatief betekent dit dat bijkomend een stormvloedkering ter hoogte van Oosterweel gebouwd wordt.

In 1982 toonde een studie aan dat de aanleg- en onderhoudskosten van de geplande stormvloedkering aanzienlijk hoger dan de verwachte veiligheidsbaten waren. Inmiddels zijn er echter nieuwe concepten van stormvloedkeringen ontwikkeld en gebouwd, waarvan de kost veel lager is dan die van het oorspronkelijke ontwerp. Op dit moment wordt gedacht aan een kering met horizontale deuren, zoals de bestaande Maeslantkering op de Nieuwe Waterweg.

Figuur 4: Maeslantkering op de Nieuwe Waterweg, Nederland



2.3.2 Kleinere stormvloedkeringen in het Rupelbekken in combinatie met dijkverhoging

Een alternatief voor de stormvloedkering te Oosterweel bestaat uit de bouw van één of twee kleinere stormvloedkeringen ter bescherming van het Rupelbekken. Twee mogelijkheden zijn voorhanden: één kleinere stormvloedkering op de Rupel (te Niel) of een combinatie van een kleine stormvloedkering op de benedenloop van de Dijle (te Mechelen) en een kleine stormvloedkering op de benedenloop van de Nete (te Lier).

In deze alternatieven zijn ook bijkomende dijkverhogingen nodig voor de bescherming van de gebieden die stroomafwaarts van de kleine stormvloedkeringen gelegen zijn. Door de omvang van die bijkomende dijkverhogingen te variëren wordt een hoger of lager veiligheidsniveau bereikt. In de MKBA werden verschillende alternatieven ontworpen en vergeleken.

Figuur 5: Voorbeelden van kleine stormvloedkeringen

Keersluis van Beernem



Hartelkering in Rotterdam



2.3.3 Dijkverhoging

In deze alternatieven wordt het veiligheidsniveau uitsluitend verhoogd door een verdere verhoging en versterking van de dijken (d.w.z. nog meer dan in het oorspronkelijke Sigmaplan van 1977).

Een dijkverhoging kan op verschillende manieren uitgevoerd worden. De keuze van de uitvoeringswijze varieert naargelang de locatie en hangt onder meer af van de ruimtebeschikbaarheid aan de landwaartse kant van de bestaande dijk. Indien er voldoende ruimte aanwezig is, zal gewoonlijk gekozen worden voor een landwaartse vergroting van het dijklichaam. Indien er niet voldoende ruimte is (bijvoorbeeld ter hoogte van woonkernen), moet de kruin op een andere manier verhoogd worden. De oplossing bestaat dan meestal uit waterkerende muren in gewapend beton of stalen damplanken, die bovengronds een beperkte dikte hebben. Voorbeelden zijn de waterkeringsmuur langs de Scheldekaaien in Antwerpen en de waterkering in Baasrode. Indien het uitzicht op de rivier belangrijk is, wordt de dijkverhoging in de vorm van een beweegbare of wegneembare kering uitgevoerd. Mogelijkheden zijn: schotbalken tussen wegneembare stalen profielen, schuiven die verticaal oprijzen uit de waterkering onder invloed van hydraulische druk en balgkeringen.

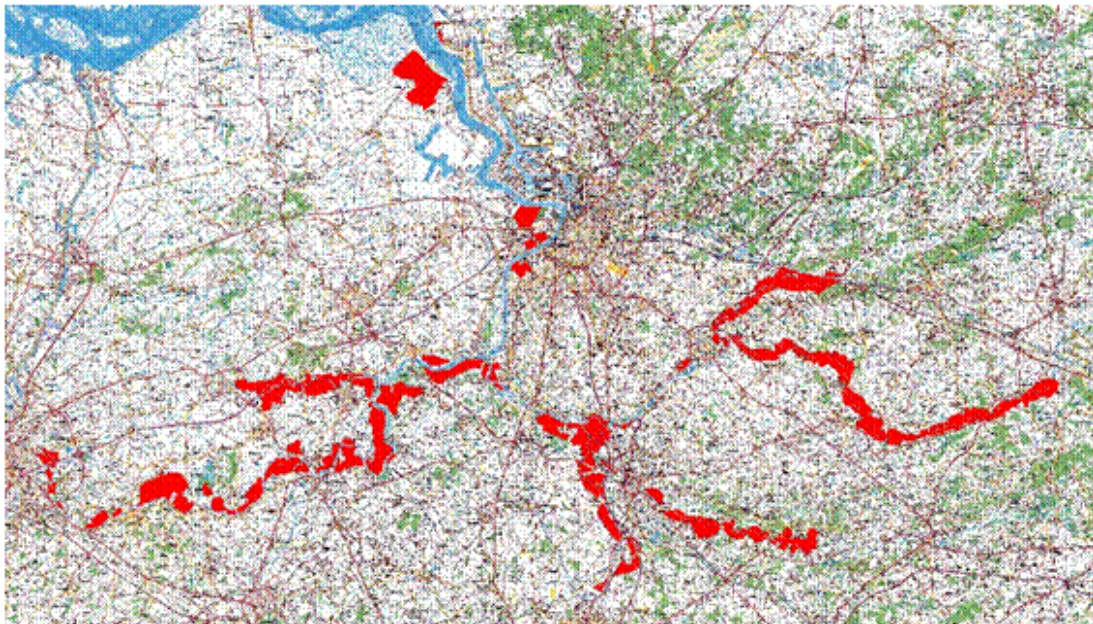
Door de omvang van de dijkverhogingen te variëren wordt een hoger of lager veiligheidsniveau bereikt. In de MKBA werden verschillende alternatieven ontworpen en vergeleken.

2.3.4 Overstromingsgebieden in combinatie met lokale dijkverhogingen (“ruimte voor de rivier”)

In deze alternatieven wordt het veiligheidsniveau verhoogd door de aanleg van overstromingsgebieden. De bedoeling is om bij stormvloed een bepaald volume water uit de rivier in deze gebieden te bergen en zo de hoogte van het waterpeil in de rivier te verlagen. Na de stormvloed, wanneer de waterstand in de rivier weer voldoende gedaald is, wordt het water in de overstromingsgebieden via uitwateringssluizen terug naar de rivier afgevoerd.

Naargelang het planalternatief worden ongeveer 10 tot 30 overstromingsgebieden ingezet met een totale oppervlakte van 1800 tot 4000 ha. Deze gebieden zijn gekozen uit een lijst van ongeveer 180 potentiële overstromingsgebieden (POG's) met een totale oppervlakte van ongeveer 15000 ha. De POG's werden in de voorstudies in het kader van de actualisatie van het Sigmaplan afgebakend.

Figuur 6: Locatie van de 15000 ha potentiële overstromingsgebieden (POG's) langs de Zeeschelde en haar bijrivieren



In deze alternatieven blijven ook lokale dijkverhogingen nodig om bepaalde gebieden te beveiligen waar de gecontroleerde overstromingsgebieden een onvoldoende effect op de waterstand hebben.

Het bereikte veiligheidsniveau hangt af van de oppervlakte van de ingezette overstromingsgebieden en de omvang van de bijkomende dijkverhogingen. In de MKBA werden verschillende alternatieven ontwikkeld en vergeleken.

Overstromingsgebieden kunnen op drie verschillende wijzen aangelegd worden:

1. gecontroleerd overstromingsgebied (GOG);
2. gecontroleerd overstromingsgebied ingericht als een gecontroleerd gereduceerd getijgebied (GGG);
3. landinwaartse verplaatsing van de dijken.

Gecontroleerd overstromingsgebied (GOG)

Een GOG bestaat uit een met dijken omringd gebied aan een tijrivier. Tussen het overstromingsgebied en de tijrivier ligt een 'overloopdijk'. Dit is een overstroombare dijk, waarvan de hoogte afhankelijk is van het gewenste veiligheidseffect. Op kruin en taluds wordt een bekleding aangebracht om aan overstortend water te kunnen weerstaan. Het bestaande dijklichaam wordt verbreed om de stabiliteit te vergroten en de taluds onder flauwere helling te kunnen aanleggen. In de overloopdijk worden afvoersluizen gebouwd, voor de gravitaire terugvoer in de rivier van overgestort water. Aan de landzijde wordt het overstromingsgebied afgebakend door een 'ringdijk' op Sigmahoogte (hoger dan de overloopdijk). Verder worden de nodige maatregelen en constructies voorzien om de bestaande beken en kanalen om te leiden, door te voeren door de ringdijk, binnen te pompen (indien het overstromingsgebied in werking is), of tijdelijk te stockeren.

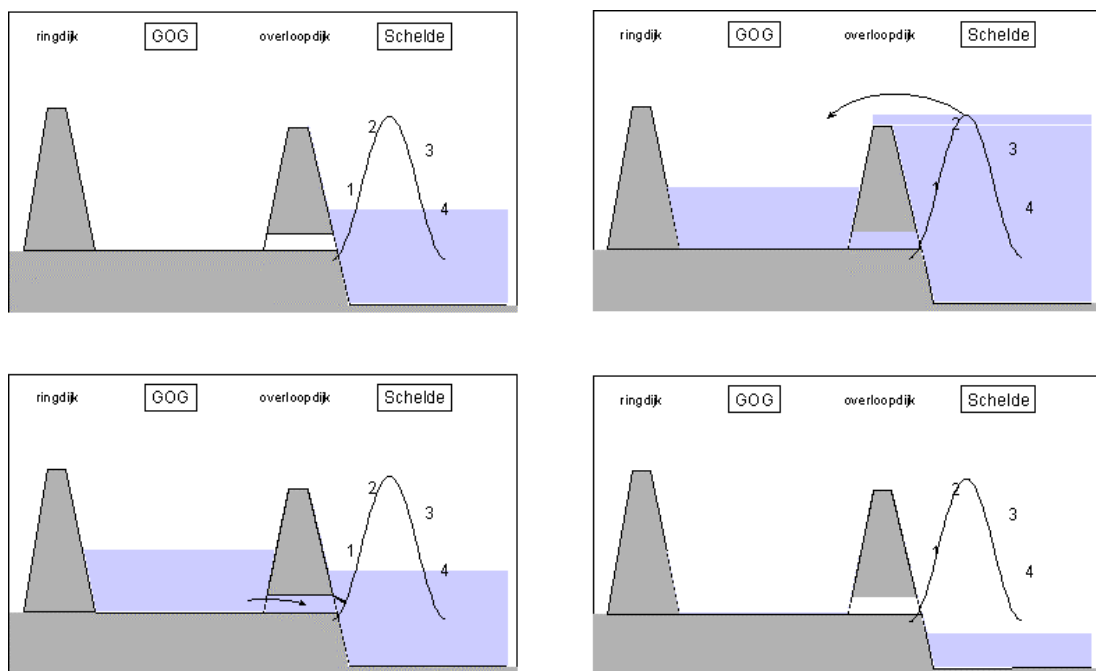
Indien de waterstand in de rivier uitstijgt boven de hoogte van de overloopdijk, stroomt het overstromingsgebied onder. De ringdijk houdt de overstroming beperkt tot het bestemde gecontroleerde overstromingsgebied. Hierdoor wordt een bepaald volume water uit de rivier gehaald, waardoor de waterstand daalt en elders ongecontroleerde overstromingen vermeden worden. Via de uitwateringssluizen in de overloopdijk wordt het

overstromingsgebied geleidigd op het moment dat de waterstand in de rivier terug voldoende gedaald is.

GOG's worden slechts sporadisch onder water gezet, namelijk in geval van een voldoende sterke stormvloed. In functie van de beoogde veiligheidseffecten varieert de overstromingsfrequentie tussen enkele malen per jaar en één keer op verschillende eeuwen. De bestaande economische en ecologische functies in een GOG kunnen bijgevolg vaak behouden blijven (mits schade door occasionele overstromingen).

Er kan echter ook besloten worden om het GOG in te richten als natte natuur (wetland), bijvoorbeeld als onderdeel van de natuurontwikkelingsprojecten van de Ontwikkelingsschets 2010. In dat geval verdwijnen de bestaande economische en ecologische functies, en worden vervangen door nieuwe natuur.

Figuur 7: Werking van een gecontroleerd overstromingsgebied (GOG)



Gecontroleerd gereduceerd getijgebied (GGG)

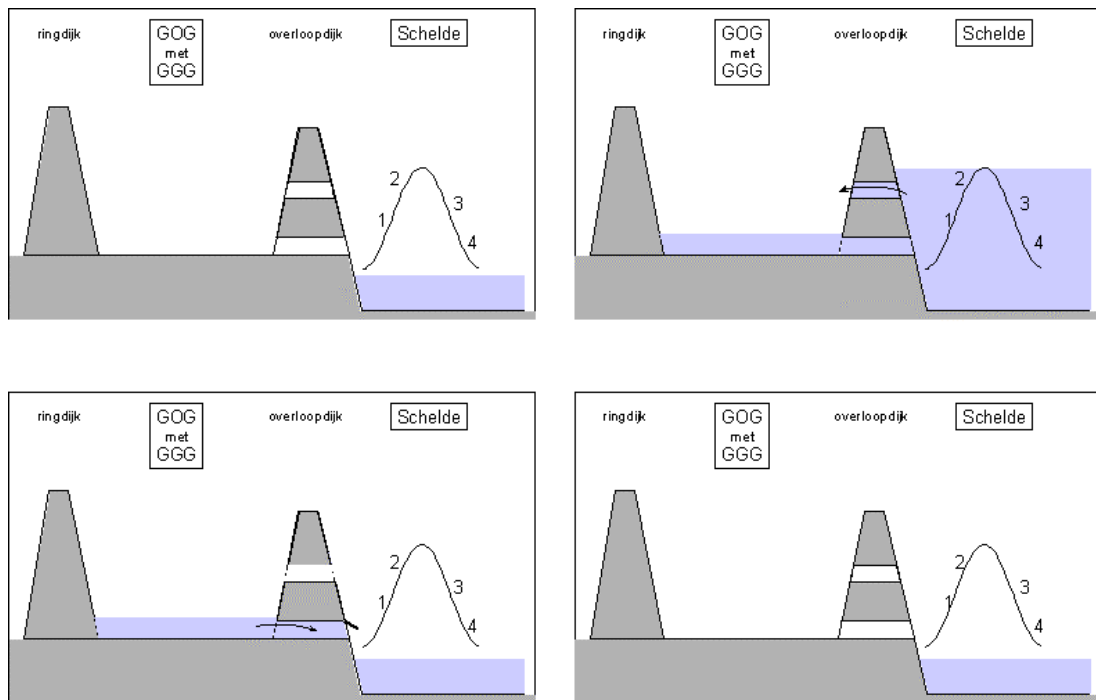
Een GGG is een GOG dat bij elk hoog tij voor een beperkte diepte onder water gezet wordt. De bedoeling is om een overstromingsregime tot stand te brengen dat sterk lijkt op het regime in de buitendijkse schorren, en zo een vergelijkbare schorontwikkeling in het overstromingsgebied mogelijk te maken.

Een GGG wordt grotendeels op dezelfde wijze aangelegd als een gewoon GOG, met een overloofdijk en een ringdijk. Het enige verschil bestaat uit de voorziening van inlaatsluizen in de overloofdijk, die dienen om het rivierwater bij elk hoog tij in het overstromingsgebied binnen te laten.

In geval van een stormvloed werkt een GGG op dezelfde wijze als een GOG (zie vorige paragraaf voor een beschrijving).

In tegenstelling tot een gewoon GOG is een GGG nooit verenigbaar met de bestaande economische en ecologische functies in het overstromingsgebied. Deze verdwijnen en maken plaats voor nieuwe natuur die op het overstromingsregime afgestemd is.

Figuur 8: Werking van een gecontroleerd gereduceerd getijgebied (GGG)



Landinwaartse verplaatsing van de dijken

Bij deze ingreep verschuift men de rivierdijk een eind landinwaarts, zodat een groter areaal onder de dagelijkse invloed van het getij komt. Een stuk van de vallei gaat dus deel van het riviersysteem uitmaken; er is geen overloopdijk die rivier en overstromingsgebied scheidt.

Door de dijkverplaatsing vergroot de hoeveelheid water die in het riviersysteem kan geborgen worden. In geval van zeer sterke stormvloed is het bergend vermogen van dijkverplaatsing echter kleiner dan dat van gecontroleerde overstromingsgebieden (GOG of GGG). Bij dijkverplaatsing kan enkel het volume boven het gemiddeld hoogwaterpeil gebruikt worden; de rest wordt al ingenomen bij een gewoon hoogwater en is dus niet meer beschikbaar voor berging. Bij gecontroleerde overstromingsgebieden kan ook het volume tussen maaiveld en hoogwaterpeil ingezet worden. Het verschil bedraagt vaak meerdere meters.

Landinwaartse verplaatsing van de dijken is vanuit ecologisch oogpunt de meest interessante vorm van overstromingsgebied, omdat het potentieel areaal slikken en schorren erdoor vergroot. Anderzijds moeten de bestaande economische en ecologische functies in het overstromingsgebied verdwijnen. Ze zijn immers nooit verenigbaar met het nieuwe overstromingsregime.

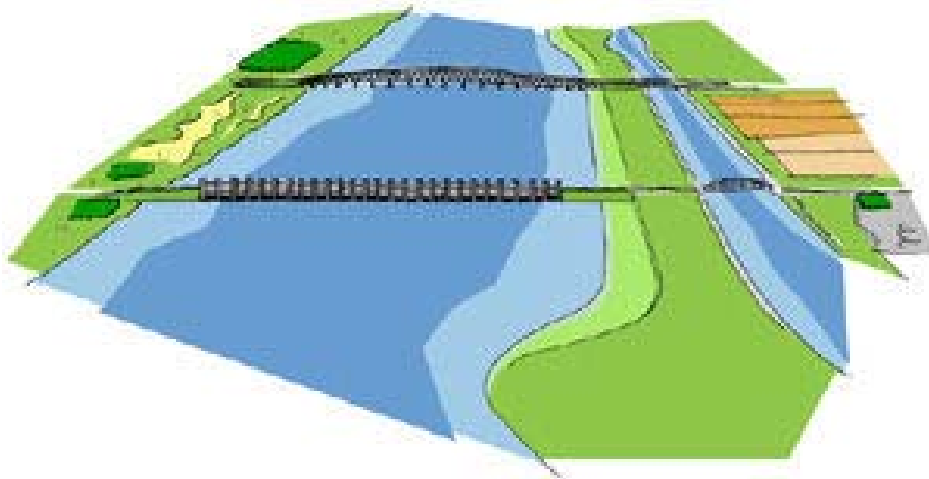
2.3.5 Overschelde

Het Overscheldeproject bestaat uit een afsluitbare verbinding tussen de Westerschelde en Oosterschelde in de hals van Zuid-Beveland (de landstrook tussen het Kanaal door Zuid-Beveland aan de westzijde en het Schelde-Rijnkanaal aan de oostzijde). Het hoofddoel van deze verbinding is om tijdens stormvloedomstandigheden snel grote debieten van de Westerschelde naar de Oosterschelde af te voeren, en hierdoor de hoogwaterstanden in het oostelijk deel van de Westerschelde en de aansluitende Zeeschelde te verlagen. Uit berekeningen blijkt dat de Oosterschelde tijdens een extreme storm voldoende water kan bergen om in de Westerschelde ter plaatse een verlaging van maximaal circa 0,5 meter te

bereiken. Voor het realiseren van een dergelijke verlaging zou de Overschelde in staat moeten zijn om 10.000 m³/s water af te voeren.

Naast dit veiligheidsdoel biedt de Overschelde mogelijkheden voor natuurontwikkeling en de ontwikkeling van natuurvriendelijke economische activiteiten als viskweek en recreatie. Deze effecten worden hier niet bestudeerd, omdat scope van de huidige MKBA beperkt is tot de effecten (veiligheid en overige effecten) in Vlaanderen en de afgeleide veiligheidseffecten in Nederland.

Figuur 9: Impressie van Overschelde bij Bath



3 Hoe werd de MKBA uitgevoerd?

3.1 Welke kosten en baten werden bestudeerd?

In een MKBA worden alle huidige en toekomstige voor- en nadelen (baten en kosten) die leden van de gemeenschap van een project of beleidsmaatregel ondervinden, tegen elkaar afgewogen door ze in geld uit te drukken. De eerste stap van een MKBA bestaat dan ook uit de identificatie van de kosten en baten.

3.1.1 Types van kosten en baten van het Sigmaplan

Tabel 1 geeft een overzicht van de relevante kosten en baten van Sigmaplan per type van planalternatief. Voor het alternatief "ruimte voor de rivier" worden twee types onderscheiden. In het eerste type worden de overstromingen uitgevoerd als GOG's, met maximaal behoud van de bestaande functies. In het tweede type worden de overstromingsgebieden ingericht als natuur (d.w.z. GOG-wetland, GGG, intergetijdengebied).

De niet aangemerkte effecten zijn hetzij niet aanwezig, of dermate klein dat ze niet relevant zijn voor de afweging van de alternatieven en bijgevolg niet verder in de analyse meegenomen werden.

Tabel 1: Relevante kosten en baten van het Sigmaplan

Type planalternatief	SVK Oosterweel	SVK in Rupelbekken + aanvullende dijkverhoging	Dijkverhoging	Ruimte voor de rivier met GOG's	Ruimte voor de rivier met GOG-wetland, GGG's of landinwaartse dijkverplaatsing	Overscheide
Bestudeerde kosten en baten						
Uitvoeringskosten	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Veiligheidsbaten	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Effecten op landbouw				✓	✓	
Effecten op bosbouw					✓	
Effecten op scheepvaart	✓					
Ecosysteembaten					✓	
Recreatieve beleving				✓	✓	
Visuele hinder omwonenden				✓	✓	

✓ Relevant effect, meegenomen in de kosten-batenafweging

■ Buiten scope van MKBA Sigmaplan (zie toelichting in tekst)

In de volgende paragrafen wordt nadere uitleg verstrekt over de types van kosten en baten.

Uitvoeringskosten

De kosten van de projecten omvatten de investeringen (bouwkosten, kosten voor aanpassingen of aanleg dijken, enz...) en de onderhouds- en beheerskosten. Er werd een toeslag van 15 % gerekend voor 'onvoorziene' kosten. De BTW is niet meegerekend, want deze vertegenwoordigt geen maatschappelijke kost (is in dit geval een transfer tussen overheden). De kosten worden berekend in een kostenmodel dat in detail de kosten bepaalt voor bijvoorbeeld een dijkverhoging met een vastgelegd aantal cm op een specifieke locatie, de aanleg van ringdijken en sluizen, aanpassingskosten voor aanpassingen van leidingen of watermanagement in een overstromingsgebied, enz... We veronderstellen dat de bouw van alle projecten start in 2010, en dat de uitvoeringstermijn bepaald wordt door een jaarlijks investeringsbedrag van 50 miljoen Euro.

De kosten voor de verwerving van woningen en bedrijven en bijhorende terreinen binnen de overstromingsgebieden worden meegerekend. Er wordt daarbij ondersteld dat de verwervings- of onteigeningskost de maatschappelijke kost van de verloren investeringen en verandering van het grondgebruik weerspiegelt. De kosten voor de verwerving van landbouwgronden wordt echter niet in rekening gebracht onder de post investeringskosten. De effecten op en kosten voor de landbouwsector worden immers apart verrekend onder de post bijkomende effecten op de landbouw (zie verder).

Veiligheidsbaten

De veiligheidsbaten bestaan uit twee delen: de vermeden risico's en de vermeden kosten.

De vermeden risico's zijn het verschil in schade bij overstromingen tussen het plantalternatief en het nulalternatief. Zij worden ingeschat op basis van de veranderingen in kans op overstroom, en de schade die optreedt in geval van overstroom. Via waterbouwkundige berekeningen wordt ingeschat welke gebieden bij stormen met een bepaalde kans op voorkomen (bijvoorbeeld 1 op duizend jaar) zullen overstroom. Hierbij wordt naast de hoogwaterstanden bij stormvloed ook rekening gehouden met de kans op bressen in dijken. Hierbij wordt eveneens rekening gehouden met de stijging van de zeespiegel als gevolg van het broeikas-effect. Ten tweede wordt de schade voor al deze overstromingen ingeschat in functie van de omvang van de overstroomde gebieden, hoe hoog het water komt en het aantal woningen, bedrijven, wegen, infrastructuur en landbouwgronden dat overstroomt. We gaan ervan uit dat de waarde van gebouwen, infrastructuur, bedrijven, enz..... meegroeit met de economische groei, zodat de schade in de tijd zal stijgen (voor verdiscontering). Naast deze materiële schade wordt ook het aantal slachtoffers ingeschat en gewaardeerd. Een aantal schadecategorieën kan niet met de beschikbare methodes worden ingeschat. Het betreft in het bijzonder de impact op milieu en natuur, en de schade aan gebouwen met een bijzonder waarde (kerken, musea).

Veiligheidsbaten kunnen ook de vorm aannemen van vermeden kosten. Er is sprake van vermeden kosten indien nog te maken kosten voorzien in het nulalternatief door de uitvoering van het planalternatief niet meer nodig zijn en dus uitgespaard kunnen worden.

Kosten voor de landbouw

De aanleg van overstromingsgebieden gaat gepaard met ruimtebeslag. In de mate dat deze ruimte-inname met bestaand landbouwgebruik overlapt, ontstaat er schade voor de landbouw.

Er moeten twee gevallen onderscheiden worden:

1. landbouwactiviteiten blijven mogelijk in het overstromingsgebied, maar zijn aan beperkingen onderhevig en leiden schade in geval het GOG in werking treedt (situatie bij aanleg van GOG zonder natuurontwikkeling);
2. landbouwactiviteiten zijn niet verenigbaar met de functie van het overstromingsgebied en het areaal gaat permanent verloren (in geval van GOG ingericht als een wetland, GGG en intergetijdengebied).

Merk op dat er buiten de overstromingsgebieden ook baten voor de landbouw zijn, namelijk ten gevolge van de vermindering van de schade door overstromingen. De baten voor de landbouw zijn meegenomen in de analyse van de veiligheidsbaten.

De effecten van overstromingen in een overstromingsgebied worden bekeken in functie van de huidige teelt, die verschilt van polder tot polder. Bij jaarlijks overstroomd wordt ervan uitgegaan dat hoogwaardige teelten zich zullen verplaatsen buiten het GOG. De totale kosten omvatten aanpassingskosten voor de landbouw, oogstverliezen binnen het GOG, opruimingskosten en administratiekosten (landbouw en overheid). Als landbouwgebied wordt omgezet in een gereduceerd getijdengebied (GGG) of wetland wordt dit landbouwareaal permanent aan de sector onttrokken. Voor de inschatting van de effecten wordt ervan uitgegaan dat de hoogwaardige teelten (bijvoorbeeld fruit) uit het gebied andere teelten buiten het gebied zullen verdringen. Naast deze aanpassingskosten rekenen we de opportuniteitskost van de verdrongen teelten en landbouwareaal. Dit omvat verlies van toegevoegde waarde, verlies aan mogelijkheden tot mestafzet en verlies van landbouwactiviteit en arbeidsplaatsen in de landbouwsector.

Daarnaast houdt de studie rekening met de landschappelijke waarde van landbouwgebied. Deze wordt verder apart besproken bij recreatiebaten GOG en GGG en visuele hinder omwonenden.

Kosten voor de bosbouw

In de potentiële overstromingsgebieden (POG's) bevinden zich meer dan 2000 ha populierenbossen. In vele gevallen gaat het om zeer goede populierengronden (bijvoorbeeld in de omgeving van Hingene, Steendorp, Baasrode).

Indien deze gebieden als gecontroleerde overstromingsgebieden (GOG) ingericht worden, is er geen betekenisvolle impact. Populieren houden van natte gronden en zijn tegen occasionele overstromingen bestand. Enkel overstromingen in de lente zijn schadelijk voor de groei. Vermits stormvloed doorgaans in het najaar en de winter voorkomen, kan gesteld worden dat de werking van een GOG geen grote impact op de productiviteit van de populierenteelt heeft.

Inrichting van een overstromingsgebied als een intergetijdengebied, GGG of wetland zijn daarentegen onverenigbaar met populierenbossen. In deze alternatieven verdwijnen de populierenbossen, en moet de netto waarde (houtopbrengst minus productiekosten) van hun toekomstige productie als een maatschappelijke kost aangerekend worden.

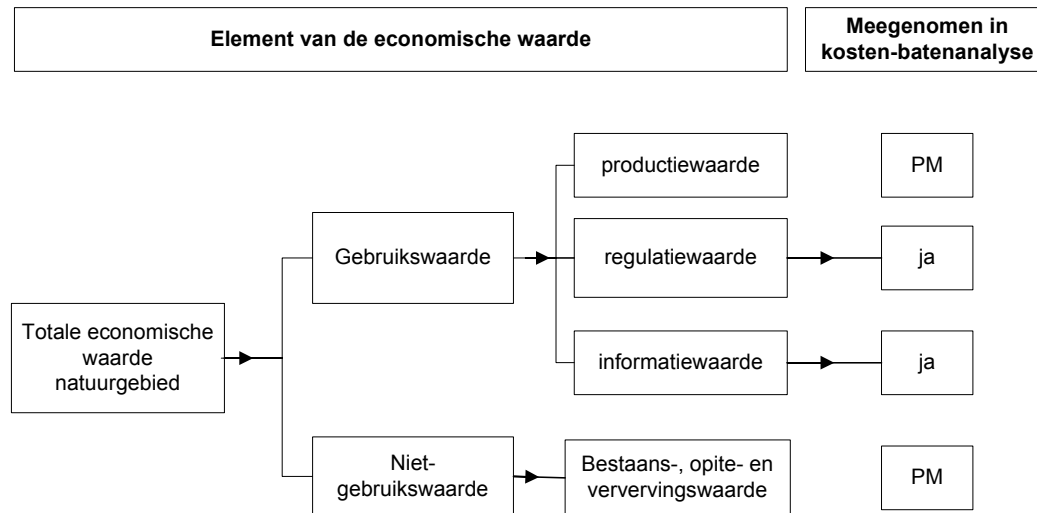
Kosten voor de scheepvaart

Mogelijke hinder voor de scheepvaart is enkel te verwachten bij de bouw van een stormvloedkering bij Oosterweel. Blokkering van de vaargeul van de Zeeschelde ter hoogte van Oosterweel tijdens de bouw, periodieke proefsluitingen, en sluitingen in stormcondities. Tijdens de bouw kan de vaargeul van de Zeeschelde ter hoogte van Oosterweel voor een beperkt aantal dagen versperd zijn. Tijdens de gebruiksfase wordt de vaargeul afgesloten voor de periodieke proefsluitingen voor de sluitingen in stormcondities. De effecten op de scheepvaartkosten werden bestudeerd en bleken zeer klein. De effecten van de kleine stormvloedkeringen op de Rupel, Nete en Dijle zijn nog geringer en worden hier niet gerapporteerd.

Ecosysteembaten

De projecten met natuurontwikkeling (GOG-wetland, GGG en intergetijdengebied) genereren natuurbaten. Hiertoe moeten we de baten van de nieuwe functies die deze gebieden vervullen, in kaart brengen en waarderen. In navolging van de literatuur onderscheiden we hier effecten op gebruiksfuncties (productiefuncties, regulatiefuncties, recreatie) en niet gebruikswaarde (waaronder optiewaarde, ververvingswaarde, bestaanswaarde).

Figuur 10: De opbouw van de totale economische waarde van een ecosysteem, en de wijze waarop het is meegenomen in de kosten-batenanalyse



Productiefuncties

In overstromingsgebieden ingericht als natuur worden riet en wilgen geproduceerd, en deze kunnen geoogst en verkocht worden. De waarde van de hout- en rietproductie kan worden ingeschat (aan de hand van de oogsthoeveelheid en de marktprijzen) maar er zijn geen data over de oogstkosten zodat de netto productiewaarde niet kan worden meegenomen in de MKBA.

Regulatiefuncties

Regulatiefuncties zijn regulerende processen die veelal indirect (d.w.z. via een productiefunctie) welvaart opleveren voor de mens. Voorbeelden van regulatiefuncties zijn waterzuivering of klimaatregulering. De regulatiefuncties van de natuur die in overstromingsgebieden kan ontwikkeld worden, dragen bij tot verschillende milieudoelstellingen van de overheid, zodat op ander plaatsen maatregelen en kosten kunnen vermeden worden. Een voor de hand liggende methode om de regulatiefuncties economisch te waarderen is bijgevolg via de vermeden bestrijdingskosten van milieueffecten.

In het geval van overstromingsgebieden zijn de belangrijkste regulatiefuncties de volgende:

- nutriëntenverwijdering;
- sedimentvang,
- koolstofvastlegging
- beluchting.

De mate waarin deze functies aanwezig zijn, hangt ook af van het type van overstromingsgebied (GOG-wetland, GGG of intergetijdengebied) en de locatie (in brakke zone of zoete zone). Het type van overstromingsgebied en de locatie bepalen immers welke natuur er zal ontstaan of kan ontwikkeld worden.

Op basis van ecologische modellen voor de Schelde en kengetallen uit de literatuur is de waarde van deze regulatiefuncties ingeschat en meegenomen in de MKBA.

Informatiefuncties: recreatiewaarde

Ten derde hebben deze gebieden een potentieel om de recreatieve beleving van het Schelde-estuarium te verhogen. De waarde van de impact op de recreatieve beleving werd met behulp van een grootschalige CV-enquête (contingent valuation) in kaart gebracht. Ongeveer 1700 succesvolle enquêtes werden afgenomen, waarvan 800 bij recreanten op verschillende locaties in het studiegebied, en 900 bij niet-recreanten op diverse locaties in Vlaanderen buiten het studiegebied.

Uit deze bevraging blijkt dat de Vlaming zowel GOG's met behoud van het huidige landgebruik (landbouw of gemengd landbouw-bos-natuur) als GOG's ingericht als natuurgebied hoger waardeert dan de huidige situatie, zonder dat hierbij een uitgesproken voorkeur voor één van beide varianten wordt geuit. Omdat we in deze bevraging peilen naar een verschil in waardering tussen het huidige en toekomstige landschap, moeten we het verlies van het huidige landschap niet in rekening brengen. Voor beide varianten (GOG's en GGG's/wetlands) rekenen we dan ook gelijkaardige, gebiedsspecifieke recreatiebaten aan, gebaseerd op de extra mogelijkheden voor recreatie op ringdijken.

Niet-gebruikswaarde

De niet-gebruikswaarde omvat een bestaanswaarde, een optiewaarde en een verervingwaarde. De bestaanswaarde is gelijk aan de waarde die de huidige generatie hecht aan het bestaan van een ecosysteem, ongeacht gebruik. Onder optiewaarde verstaan we de waarde die de mens hecht aan het open houden van de mogelijkheid van toekomstig gebruik door de huidige generatie. De verervingwaarde is de waarde die de mens hecht aan het open houden van de mogelijkheid van toekomstig gebruik door toekomstige generaties.

De niet-gebruikswaarde werd in zijn geheel ingeschat in het kader van dezelfde CV-enquête als hierboven vermeld.

Uit de resultaten van de enquête blijkt dat de niet-gebruikswaarde aanzienlijk is. Dit besluit komt overeen met de bevindingen in de literatuur, waar doorgaans grote waarden voor de niet-gebruikswaarde gerapporteerd worden. Over het concept en de schatting van de niet-gebruikswaarde worden heel wat methodologische discussies gevoerd. Omdat de waarden enerzijds zo groot zijn dat ze de andere natuurbaten domineren, en anderzijds een omstreden karakter hebben, kunnen zij weinig tot de besluitvorming bijdragen. We hebben daarom besloten om ze niet mee te nemen bij de afweging van de alternatieven.

Recreatieve beleving stormvloedkering

De recreatiebaten van een stormvloedkering via bijv. een bezoekerscentrum zijn onderzocht op basis van ervaringen met dergelijke projecten. Deze bleken echter gering in verhouding tot de andere effecten, en werden niet verder in de afweging meegenomen.

Recreatieve beleving huidige landschappen bij GOG

Door de aanleg van GOG's worden er extra mogelijkheden geschapen voor recreatie en beleving van het huidige landschap van op de ringdijk. Uit de bovenvermelde bevraging in

het kader van de natuurbaten is ook een waarde afgeleid voor de beleving van het huidige landgebruik. Op basis van een inschatting van het aantal verwachte recreanten op de dijken en hun belevingswaarde is de recreatiewaarde van de GOG's ingeschat.

Visuele hinder voor omwonenden

De aanleg van overstromingsgebieden gaat gepaard met de bouw van ringdijken. Dit leidt tot visuele hinder en welvaartverlies voor omwonenden met zicht op de nieuwe dijk. Dit wordt ingeschat aan de hand van een kengetal voor potentieel verlies van waarde van woonhuizen en meegenomen als een eenmalige kost bij de bouw van het overstromingsgebied.

Voor de verhoging van bestaande dijken werd geen kost in rekening gebracht. De bestaande dijken hebben reeds een visuele impact. De bijkomende hinder van een verdere verhoging van die dijken is relatief gering ten opzichte van de hinder van een nieuwe dijk.

De verhoging van het muurtje in Antwerpen zou tot visuele hinder kunnen leiden als dit op een onoordeelkundige manier zou gebeuren. Om de visuele hinder te beperken wordt er in de inschatting van de projecten en de kostenraming ervan uitgegaan dat de aanpassing van de waterkering nabij de stadskern gebeurt via een mobiele kering over een lengte van 1 km. Op deze wijze is reeds begroot dat de visuele hinder kan beperkt blijven.

3.1.2 Geografische afbakening van de MKBA

Inzake de uitvoeringskosten en de veiligheidsbaten worden projecten en effecten in Vlaanderen en Nederland beschouwd. Eén van de overwogen projecten (Overschelde) is op Nederlands grondgebied gelegen, met effecten in Vlaanderen en Nederland. Sommige projecten in Vlaanderen hebben een impact op het veiligheidsniveau in Nederland.

Voor de overige kosten en baten (landbouw, bouwbouw, ecosysteembaten,...) worden enkel de effecten van de in Vlaanderen gelegen projecten meegenomen. Dit betekent dat de overige kosten en baten van het Overscheldeproject niet meegenomen worden.

3.1.3 Tijdschhorizon van de MKBA en evolutie van de omgevingsvariabelen

In een MKBA worden zowel huidige als toekomstige kosten en baten in rekening gebracht. In de MKBA van het Sigmaplan wordt de kosten en baten berekend over de periode 2004-2100.

Over deze periode zullen er zich veranderingen in de economische en fysische omgeving voordoen, die een invloed op de hoogte van de kosten en baten hebben. Om de kosten en baten juist in te schatten moeten er dus prognoses of aannames met betrekking tot de verwachte evolutie van de omgevingsvariabelen opgesteld worden. De belangrijkste omgevingsvariabelen zijn de economische groei en de zeespiegelstijging.

Economische groei

De economische groei is belangrijk voor de bepaling van alle effecten waarvan de waarde afhangt van de omvang van de regionale economische productie en van het peil van het inkomen per capita.

De aannames over de verwachte economische groei worden overgenomen van de langetermijnverkenningen die het Nederlandse Centraal Planbureau (CPB) opgesteld heeft voor de West-Europese en de Nederlandse economie. We gaan ervan uit dat het Vlaamse bruto binnenlands product even snel groeit als de verwachtingen voor West-Europa. In het basisscenario komt dit neer op een gemiddelde reële groei van 2,4% per jaar tot 2020, en

1,8% per jaar nadien. Er zijn tevens gevoeligheidsanalyses uitgevoerd met een hogere en een lagere groeivoet.

Zeespiegelstijging

Ten gevolge van het broeikas effect wordt verwacht dat de zeespiegel zal stijgen en de kans op extreme weersomstandigheden zal toenemen. Beide factoren hebben een impact op de waterstanden, en dus de hoogte van de veiligheidsbaten.

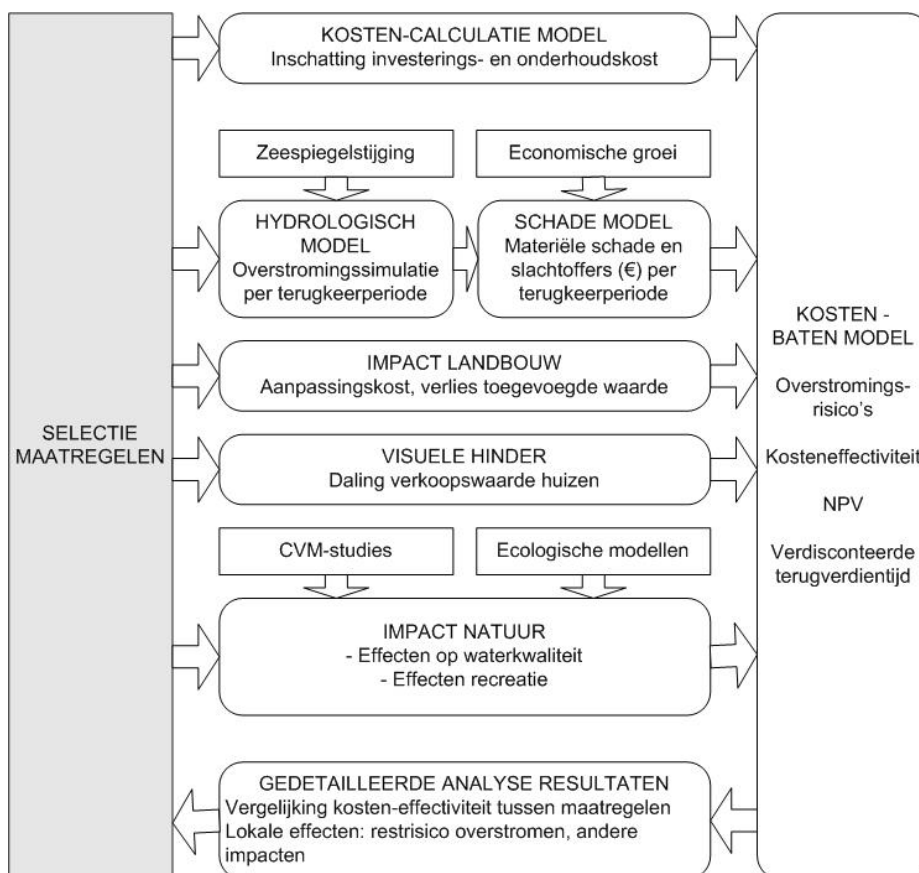
In het basisscenario wordt uitgegaan van een gemiddelde zeespiegelstijging van 60 cm in 2100 t.o.v. 2000. Omdat behalve de gemiddelde zeespiegel ook de tij-amplitude stijgt, leidt dit tot een toename van stormvloed met 90 cm.

Er zijn tevens gevoeligheidsanalyses uitgevoerd met andere aannames omtrent de zeespiegelstijging.

3.2 Een keten van modellen

Voor de berekening en synthese van de bovengenoemde effecten wordt een keten van aaneengeschakelde modellen gebruikt (zie Figuur 11).

Figuur 11: Modellen voor de MKBA van het Sigmaplan



De integratie van kosten en baten en de afweging van de alternatieven gebeurt in het kosten-batenmodel. Dit model maakt gebruik van resultaten uit de modellen voor berekening van de kosten, modellen voor bepaling van de effecten op landbouw, natuur en visuele hinder en modellen voor de berekening van overstromingsschade. Deze laatste krijgen op hun beurt input van hydrologische modellen voor de simulatie van waterstanden.

3.3 Een kosten-batenanalyse in twee fasen

De MKBA wordt in twee fasen uitgevoerd (zie Figuur 12).

In de eerste fase worden een tiental basisalternatieven geëvalueerd en met elkaar vergeleken.¹ De diverse basisalternatieven werden zodanig gekozen dat:

- alle types van oplossingen (stormvloedkering, dijkverhoging, ruimte voor de rivier,...) aan bod komen, inbegrepen plausibele combinaties van verschillende oplossingstypes;
- een brede waaier van bereikte veiligheidsniveaus vertegenwoordigd is.

De afweging van de basisalternatieven leidt tot de selectie van de beste oplossingsrichting (d.w.z. de oplossing met de beste kosten-batenverhouding). Hierbij wordt op een vereenvoudigde wijze ook een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd.

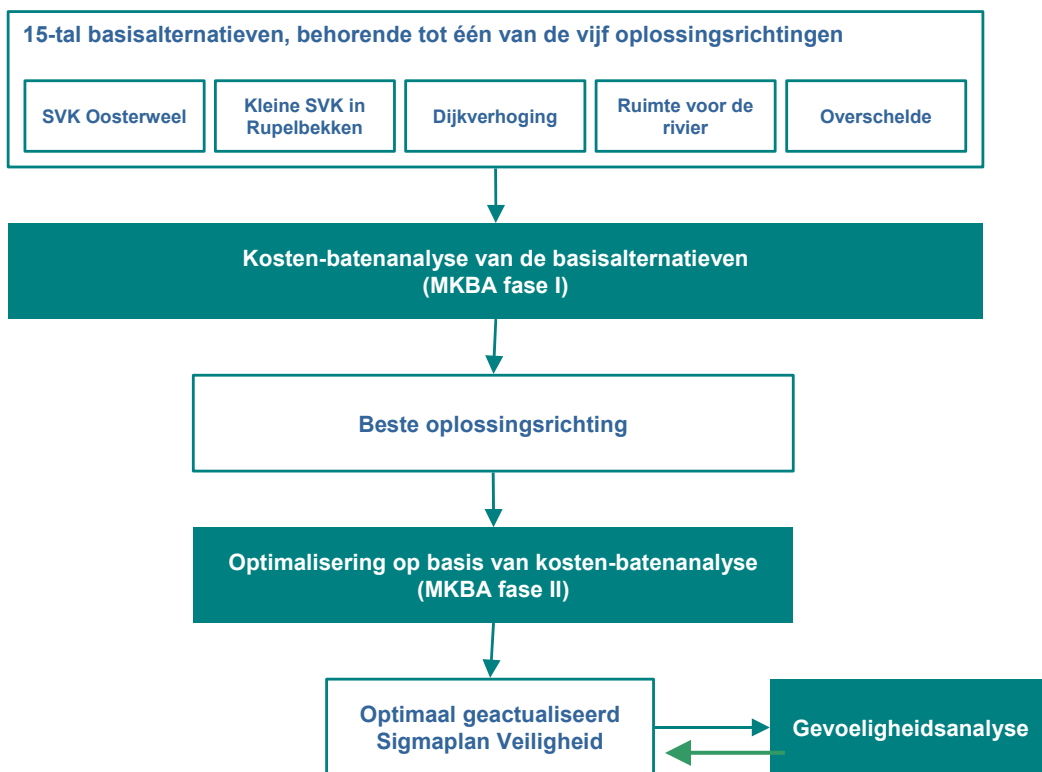
In de tweede fase wordt de beste oplossingsrichting geoptimaliseerd. Binnen een oplossingsrichting kunnen er tientallen varianten bestaan. We hebben een stapsgewijze procedure ontwikkeld om op systematische wijze de mogelijke varianten te vergelijken, op basis van expliciete criteria. In deze methode wordt het studiegebied onderverdeeld in vijf zones, die elk gekenmerkt worden door een eigen overstromingsproblematiek. Voor elke zone wordt naar een optimale oplossing gezocht, startend met de meest stroomafwaarts gelegen zone. De optimale oplossing voor een bepaalde zone wordt telkens meegenomen naar de optimalisatie van de volgende, meer stroomopwaarts gelegen zone. Het optimale Sigmaplan is gelijk aan de combinatie van optimale oplossingen van de vijf aparte zones. Figuur 13 toont de indeling van het studiegebied in vijf zones.

De tweede fase mondt uit in het optimale alternatief voor de actualisatie van Sigmaplan (d.w.z. optimaal volgens de principes van de MKBA). Dit plan omvat zowel een set van maatregelen voor de korte termijn, en van bijkomende maatregelen voor de langer termijn. De eerste set omvat maatregelen die bij aanleg op korte termijn (2010) altijd rendabel zijn, ook bij strenge rendementseisen. De bijkomende maatregelen zijn bij aanleg op korte termijn niet gegarandeerd rendabel zijn, maar zullen bij een verdere stijging van de zeespiegel en economische groei rendabel worden als ze later (bijv. rond 2050) worden aangelegd.

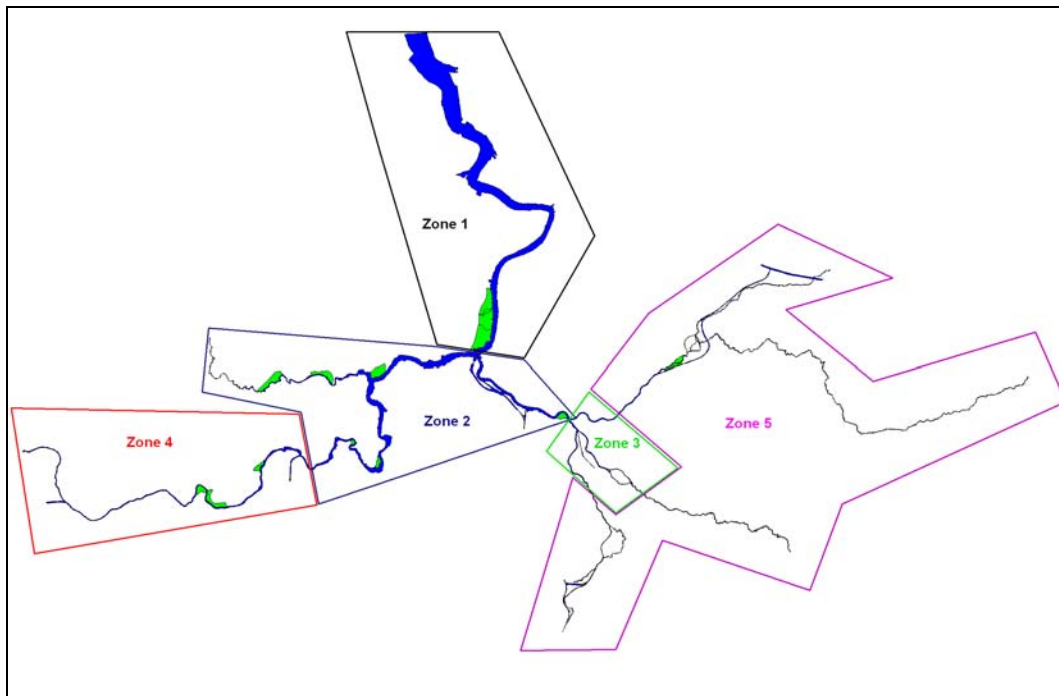
Tenslotte wordt de optimale oplossing aan een meer gedetailleerde gevoeligheidsanalyse onderworpen. Daarin wordt nagegaan hoe robuust de resultaten zijn ten opzichte van andere aannames met betrekking tot cruciale parameters (bijvoorbeeld zeespiegelstijging, economische groei,...) en ten opzichte van methodologische keuzes (bijvoorbeeld modellering van bresvorming). Waar nodig wordt het plan bijgesteld.

¹ In een tussenstap van de eerste fase werden vier onderscheidende alternatieven (stormvloedkering ter hoogte van Oosterweel, een alternatief dijkverhoging, een alternatief met overstromingsgebieden en het Overscheldeproject) met elkaar vergeleken, met het oog op de aanlevering van vroegtijdige input voor de planstudies van de Ontwikkelingsschets 2010 Schelde-estuarium.

Figuur 12: Fasen van de MKBA van het Sigmaplan



Figuur 13: Zones voor de optimalisering van het Sigmaplan



3.4 Hoe wordt de kosten-batenverhouding gemeten?

In de voorgaande rubrieken werd herhaaldelijk verwijzen naar het beste planalternatief, zijnde het alternatief is dat met de beste kosten-batenverhouding. Dit doet de vraag rijzen hoe de kosten-batenverhouding uitgedrukt wordt.

Netto contante waarde

De meest gebruikte maatstaf is de netto contante waarde (NCW). Voor een project of alternatief j wordt deze als volgt berekend:

$$NCW(j) = \sum_{t=0}^{T_j} \frac{B_{jt} - K_{jt}}{(1+r)^t}$$

met:

t = periode, lopende van 0 tot T_j

T_j = de levensduur van project j ;

B_{jt} = baat van project j in periode t (uitgedrukt in contante prijzen, d.w.z. zonder inflatie mee te tellen);

K_{jt} = kost van project j in periode t (uitgedrukt in contante prijzen, d.w.z. zonder inflatie mee te tellen);

r = reële discontovoet.

Een project is maatschappelijk rendabel indien de NCW positief is. Bij keuze tussen meerdere alternatieven is het alternatief met de hoogste NCW het beste.

De NCW houdt rekening met alle kosten en baten over de gehele levensduur van het project. Alle toekomstige kosten en baten worden naar het heden (periode 0) teruggerekend, door ze te disconteren (d.w.z. te delen door $(1+r)^t$). Daar r positief is, worden kosten en baten minder gewaardeerd naarmate ze verder in de toekomst liggen.

In de MKBA van het Sigmaplan worden de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- alle kosten en baten worden naar 2004 teruggerekend (d.w.z. periode 0 = 2004);
- de tijdshorizon loopt tot 2100 (d.w.z. $T = 2100$);
- de discontovoet r bedraagt 4% (er zijn ook gevoeligheidsanalyses uitgevoerd met 3% en 7%).

Een discontovoet van 4 % betekent dat projecten die zichzelf terugverdienen een rendement hebben van minstens 4 % op het ingezette kapitaal. Omwille van de vele onzekerheden leggen we bij een worst case scenario bijkomend aan een trage stijging van de zeespiegel een rendementseis op van 7 %.

Terugverdiëntijd

Een andere, nauw met de NCW gerelateerde maatstaf, die in deze studie gebruikt wordt, is de verdisconteerde terugverdiëntijd. Deze is gedefinieerd als de tijdsduur die nodig is om een positieve NCW te bekomen, d.w.z.:

de kleinste T_j waarbij $NCW(j; T_j) \geq 0$.

De terugverdiëntijd drukt de minimale tijdsduur dat het project in werking moet zijn om een positieve maatschappelijke rendabiliteit te verkrijgen.

Een project is maatschappelijk rendabel indien de terugverdientijd voor het einde van de levensduur valt. Bij keuze tussen meerdere alternatieven is het alternatief met de laagste terugverdientijd het beste.

Merk op dat de maatstaf van de terugverdientijd twee dimensies heeft:

- maatschappelijke rendabiliteit van het project: hoe hoger het verschil tussen jaarlijkse baten en kosten, des te sneller zal een gegeven investeringsbedrag terugverdiend worden en hoe lager de terugverdientijd (*ceteris paribus*²) of omgekeerd hoe lager een investeringsbedrag, des te sneller zal dit bedrag terugverdiend worden met een gegeven verschil tussen jaarlijkse baten en kosten.
- investeringsrisico van het project: hoe lager de terugverdientijd, hoe kleiner het risico dat er zich onverwachte gebeurtenissen zullen voordoen die de kosten of baten van het project nadelig beïnvloeden vooraleer het zichzelf terugverdiend heeft. Een project met een korte terugverdientijd is logischerwijze minder gevoelig voor onzekerheden met betrekking tot zeespiegelrijzing, economische groei, etc.

3.5 Invulling van de criteria gehanteerd bij de optimalisatie.

Zoals boven reeds aangegeven volstaan deze twee indicatoren niet om een keuze te maken tussen een set van projecten die zichzelf terugverdienen. Een MKBA studie hoeft normaliter ook niet zelf te kiezen tussen alternatieven, maar moet enkel een overzicht bieden van kosten en baten, zoals een soort koopgids. Voor de optimalisatie moeten we evenwel stapsgewijs een consistente set van maatregelen selecteren om op deze wijze een optimaal plan op te bouwen. Daartoe zijn in de studie expliciete criteria ontwikkeld. Deze zijn iets uitgebreider voor de optimalisatie dan voor de keuze tussen de planalternatieven.

We hanteren geen budgetrestrictie voor het totale plan, wel een maximaal investeringsbedrag per jaar. Met dit gegeven zoeken we naar een maximale veiligheid, zowel voor het studiegebied in zijn geheel als voor alle schadecentra. We hanteren hierbij wel een strenge rendementseis: de maatregelen moeten zich niet enkel terugverdienen bij de centrale schatting van kosten en baten, maar ook als we bepalende parameters minder gunstig inschatten. De bedoeling is een optimaal plan uit te werken dat robuust is en ook bij gevoeligheidsanalyses rendabel blijft. In de gevoeligheidsanalyse wordt getoetst of deze ambitie ook is waargemaakt.

Er zijn verder geen criteria gehanteerd met betrekking tot grondinname en effecten op landbouw, spreiding van overstromingsgebieden tussen zones of gemeentes, minimumdoelstellingen met betrekking tot natuurontwikkeling, etc.

Dit resulteert in de volgende criteria die gehanteerd worden bij de optimalisatie:

- terugverdientijd in het basisscenario;
- netto contante baten tot 2100 in het basisscenario;
- terugverdientijd in het worst case scenario;
- restrisico in de zone tot 2100;
- restrisico in schadecentra tot 2100.

² Deze voorwaarde is belangrijk. Met name, indien de verdeling van kosten en baten over de tijd verschilt tussen twee projecten A en B, dan is het mogelijk dat project A zowel een hogere NCW als een hogere terugverdientijd dan project B heeft. Dit is een nadeel van de maatstaf van de terugverdientijd, en is te wijten aan het feit dat de maatstaf geen rekening houdt met kosten en baten die later dan de terugverdientijd liggen.

4 Wat zijn de besluiten van de MKBA?

4.1 De overstromingsrisico's in het nulalternatief zijn aanzienlijk

Ook na de uitvoering van het nulscenario blijven er belangrijke risico's op overstromingen in Vlaanderen, voornamelijk overstromingen door stormvloed, en in mindere mate overstromingen door pieken in bovenafvoer.

Het risico voor de periode tot 2100 bedraagt bijna 1 miljard euro (teruggerekend naar 2004 met een discontovoet van 4%). De grootste restructies na voltooiing van het nulalternatief bevinden zich in de zones 1 en 2 (zie Figuur 13 op p. 21 voor een kaart van de zones). Dit resultaat illustreert de behoefte aan verdere maatregelen.

Tabel 2: Risico in het nulalternatief tot 2100 voor het volledige studiegebied

Zone	Schadecentrum	Risico (miljoen euro in prijzen van 2004)*
Zone 1	Antwerpen	204
Zone 2	Hamme	371
Zone 3	Mechelen	90
Zone 4	Wetteren	117
Zone 5	Rotselaar	160
Totaal		942

* Berekend bij discontovoet van 4% en gemiddelde economische groei.

4.2 Vergelijking van de planalternatieven

De eindresultaten voor de bestudeerde basisalternatieven en de optimale alternatieven zijn samengevat in Figuur 14 en Tabel 3. In Tabel 4 worden de alternatieven kort omschreven.

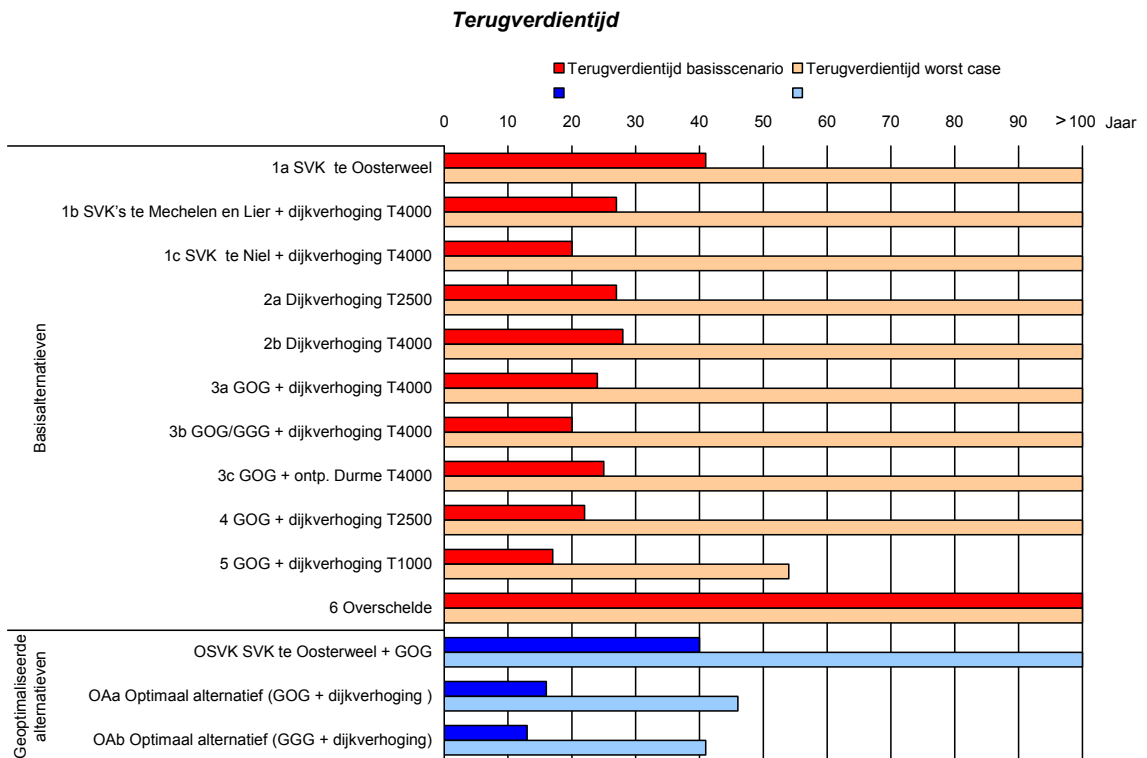
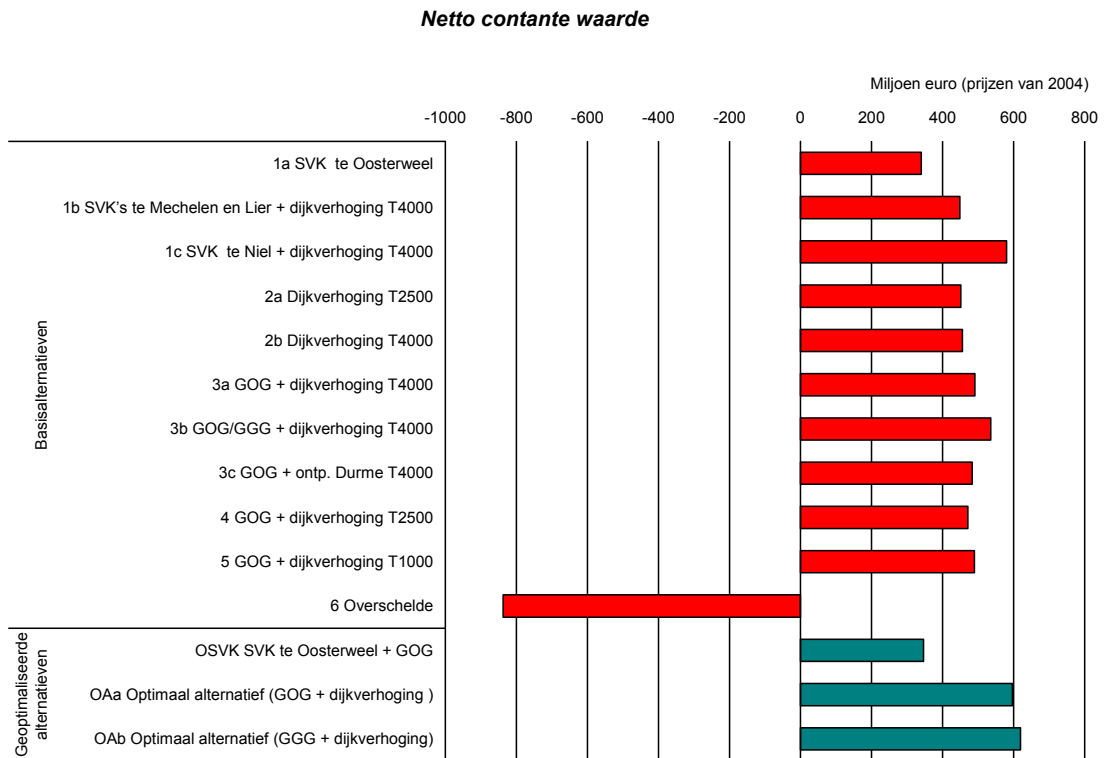
De alternatieven worden vergeleken volgens drie evaluatiecriteria;

- de netto actuele baten in het basisscenario;
- de terugverdiensijd in het basisscenario;
- de terugverdiensijd in het "worst case" scenario.

Het basisscenario gaat uit van een discontovoet van 4% en een zeespiegelstijging van 60 cm in de volgende 100 jaar. In het "worst case" scenario worden toekomstige baten sterker verdisconteerd en dus minder gewaardeerd (discontovoet van 7%) en bedraagt de verwachte zeespiegelstijging 30 cm. In dit scenario zullen de baten van het Sigma-plan lager uitvallen.³ In beide scenario's wordt een gemiddelde economische groei ondersteld.

³ Het gaat dus om een "worst case" voor de rendabiliteit van het Sigma-plan en niet voor de gemeenschap, die wellicht geen bezwaar zou hebben indien de zeespiegelstijging lager is.

Figuur 14: Vergelijking van de planalternatieven



4.2.1 **Besluiten van fase I van de MKBA (vergelijking van de basisalternatieven)**

De basisalternatieven worden getoond in het bovenste gedeelte van de grafieken in Figuur 14. De belangrijkste bevindingen uit de vergelijking van de basisalternatieven zijn de volgende.

- Grote beveiligingsmaatregelen zoals de stormvloedkering en de Overschelde zijn effectief in het verbeteren van de veiligheid. De veiligheidsbaten zijn groot, maar de investeringskosten eveneens. In het geval van de Overschelde zijn de kosten zodanig groot dat de netto contante waarde negatief uitvalt en het project nooit kan terugverdiend worden. De kosten van een stormvloedkering bij Oosterweel zijn wel voldoende laag om zich voor 2100 terug te kunnen verdienen. Dit alternatief heeft een terugverdientijd van 41 jaar.
- Kleinere maatregelenpakketten zijn alternatieven met overstromingsgebieden, dijkverhoging of kleinere stormvloedkeringen. De investeringskost is lager en de veiligheidsbaten benaderen deze van de stormvloedkering. De terugverdientijd van dergelijke projecten is dan ook veel korter en de kosten-batenbalans veel gunstiger.
- Het meest gunstige alternatief, wat betreft terugverdientijd, is alternatief 5 of de inrichting van gecontroleerde overstromingsgebieden zodat een beschermingsniveau tegen stormvloedstanden van 1/1000 bereikt wordt. De veiligheidsbaten zijn wel uiteraard lager dan in de andere alternatieven, maar dit wordt gecompenseerd door de lagere uitvoeringskost.
- Indien de netto contante waarde als evaluatiecriterium gehanteerd wordt, scoren alternatieven 1c (de SVK bij Niel), en 3b (inrichting van GGG's tot een beschermingsniveau tegen stormvloedstanden van 1/4000) het best. In alternatief 1c is dit het gevolg van de hoge veiligheidsbaten. In alternatief 3b is dit mede het gevolg van natuurbaten.
- Dijkverhoging scoort op beide criteria minder goed. Dit wijst erop dat blijvend dijken verhogen geen optimale oplossingsrichting is. Dit betekent niet dat in de optimale oplossing geen dijken meer verhoogd moeten worden. Vrijwel alle alternatieven bevatten lokale dijkverhogingen. Het wijst er wel op dat de veiligheid trachten te verbeteren met louter dijkverhogingen geen goede oplossing is. Een combinatie met andere maatregelen is aangewezen.
- De vergelijking tussen alternatieven 3a en 3b toont de impact van natuurbaten. Door een inrichting van de overstromingsgebieden als natuur verhogen de kosten voor land- en bosbouw, maar worden natuurbaten voortgebracht. Zelfs bij een onvolledige inschatting wegen zij op tegen de hogere kosten, zodat 3b een hogere netto contante waarde en een lagere terugverdientijd heeft dan alternatief 3a. Ook bij landinwaartse verplaatsing van de dijken (alternatief 3c) zijn er natuurbaten, maar in dit alternatief is een groter areaal aan overstromingsgebieden vereist om dezelfde veiligheid te bereiken en zijn de uitvoeringskosten dus hoger. Dit leidt tot een lagere netto contante waarde en een langere terugverdientijd dan bij alternatief 3b.

In de afweging moeten meerdere criteria gehanteerd worden. Terugverdientijd is een goed criterium, omdat het zowel een maatstaf is van de opbrengst van de investering (hoe korter de terugverdientijd, hoe groter de netto baten) als van het risico dat de investering zich niet zal kunnen terugverdienen (hoe korter de terugverdientijd, hoe lager het risico van de investering). Dit criterium is handig om projecten uit te sluiten die zich niet terugverdienen, maar voor keuzes tussen projecten die zich wel terugverdienen zijn bijkomende criteria nodig. Een afweging louter op basis van de kortste terugverdientijd zou leiden tot een minimaal maatregelenpakket met een relatief (ten opzichte van de kosten) grote maar absoluut kleine invloed op de veiligheid. Dit pakket is niet noodzakelijk het beste want er zijn nog bijkomende maatregelen die zich ook terug verdienen en die dus vanuit maatschappelijk kosten-batenoogpunt interessant zijn. De totale bereikte veiligheid of bescherming tegen stormvloed moet dus ook meetellen. Bij de vergelijking van de totale netto geactualiseerde

baten tot 2100 worden ook effecten op langere termijn meegenomen en zal een hogere veiligheid meer doorwegen.

Anderzijds zijn ook niet alle maatregelen die zich in de centrale schatting terug verdienen aan te bevelen, omdat de inschatting van de baten per definitie onzeker is, en dat deze maatregelen zich dan niet meer terugverdienen als bijv. de zeespiegel iets minder snel zou stijgen of de economie iets minder snel zou groeien. Het is dus belangrijk om een pakket van maatregelen te definiëren die op korte termijn zeker rendabel zijn, en een bijkomend pakket van maatregelen die kunnen aangelegd worden op lange termijn.

Tot slot moet niet enkel het rendement bekeken worden van het totale pakket van maatregelen, maar ook van de onderdelen ervan, want een rendabel pakket kan best nog niet-rendabele elementen bevatten.

De voorgaande bevindingen leiden tot het volgende algemene besluit over de beste oplossingsrichtingen voor het geactualiseerde Sigmaplan: een combinatie van dijkverhoging, overstromingsgebieden met behoud van landgebruik, overstromingsgebieden ingericht als GGG of wetland en eventueel een stormvloedkering bij Niel. Naast maatregelen die zich op korte termijn zeker terug verdienen, moeten reservemaatregelen worden geïdentificeerd die later kunnen uitgevoerd worden als de verdere toename van de risico's, bijv. omwille van zeespiegelstijging, zich bevestigt.

Deze oplossingsrichtingen werden in fase II van de MKBA geoptimaliseerd.

4.2.2 Besluiten van fase II van de MKBA

Aanpak

In fase II van de MKBA werd voor elke zone een brede waaier van mogelijkheden onderzocht, zodat in het totaal meer dan 20 pakketten van maatregelen werden beoordeeld op hun kosten en baten. De maatregelen die het beste aan de verschillende, hierboven besproken criteria beantwoorden werden meegenomen voor de definitie van een optimaal Sigmaplan met maatregelen voor zowel de korte termijn (aanleg 2010) als voor de langere termijn (bijv. 2050). Op deze wijze werden 4 mogelijke Sigmaplannen opgesteld die aan de criteria beantwoorden. Hieruit is één Sigmaplan gekozen dat het beste aan de gestelde criteria voldoet. In faserapport 4 zijn alle varianten uitgebreid besproken.

Op basis van dit optimale Sigmaplan zijn dan verdere analyses gebeurd, zoals het evalueren van inrichtingsvarianten, het zoeken naar bijkomende maatregelen voor de lange termijn en gevoeligheidsanalyses.

Optimaal Sigmaplan

Deze zonegewijze optimaliseringsprocedure resulteerde in een optimaal Sigmaplan bestaande uit een combinatie van overstromingsgebieden en lokale dijkverhogingen. In Figuur 14 en Tabel 3 wordt dit alternatief aangeduid met de naam "OAa".⁴ Een meer gedetailleerde beschrijving van alternatief OAa wordt naar het volgende hoofdstuk verwezen. Eerst wordt in dit hoofdstuk de kosten-batenafweging van het optimaal alternatief besproken.

⁴ In de loop van de optimalisatieprocedure werden vele alternatieven en varianten onderzocht, die elk met een naam en nummer geïdentificeerd zijn. In het voorliggende rapport wordt enkel bericht over de geselecteerde optimale oplossing. Omwille van de leesbaarheid van dit syntheserapport hebben we deze oplossing hier een eigen code gegeven, namelijk OA. OAa stemt overeen met Sigmaplan 2 in het deelrapport over de optimalisatie (in de bijlage is een overzicht van de deelrapporten opgenomen). OAb betreft een andere inrichtingsvariant van OAa. OAc stemt overeen met Sigmaplan 2 + Uitbreiding 3.

Alternatief OAa heeft de hoogste netto contante waarde en de laagste terugverdientijd van alle bestudeerde alternatieven. De veiligheidsbaat is zelfs hoger dan bij de stormvloedkering Oosterweel (alternatief 1a). Dit laatste resultaat lijkt verrassend, maar kan door twee redenen verklaard worden. Ten eerste, eenmaal in werking creëert een stormvloedkering bij Oosterweel de beste veiligheid tegen stormvloed, maar door de langere aanlegperiode in vergelijking met alternatief OAa blijven de veiligheidsbaten langer uit en is de totale geactualiseerde veiligheidsbaat tot 2100 lager. Ten tweede bevat alternatief OAa ook een aantal GOG's die bescherming tegen hoge bovenafvoer bieden aan stroomopwaarts gelegen gebieden. Een stormvloedkering heeft daar geen effect.

Om een juiste vergelijking tussen het optimaal alternatief en de stormvloedkering te kunnen maken, werd ook alternatief 1a geoptimaliseerd. Dit leidde tot alternatief OSVK, waarin de stormvloedkering te Oosterweel gecombineerd wordt met een aantal overstromingsgebieden die bescherming tegen bovenafvoer bieden. Alternatief OSVK wel heeft een hogere veiligheidsbaat dan alternatief OAa. De uitvoeringskosten zijn echter veel hoger, en de netto contante waarde bijgevolg veel lager.

Optimale inrichting

Alternatief OAb bestaat uit dezelfde overstromingsgebieden en dijverhogingen als alternatief OAa. In alternatief OAb zijn de overstromingsgebieden echter, waar mogelijk, ingericht als GGG. De vergelijking tussen alternatieven OAa en OAb toont de impact van natuurbaten. Door een inrichting van de overstromingsgebieden als natuur verhogen de kosten voor land- en bosbouw, maar worden er extra natuurbaten voortgebracht. De recreatiebaten worden ingeschat op een gelijkaardig niveau als een GOG. De extra gebruikswaarde van de natuur blijken op te wegen tegen de extra kosten, zodat OAb een hogere netto contante waarde en een lagere terugverdientijd heeft dan alternatief OAa.

Optimaal Sigmaplan in 2050

Wegens de stijging van de zeespiegel biedt het optimaal geactualiseerd Sigmaplan een afnemende graad van bescherming tegen overstromingen. Daarom werd in fase II van de MKBA tevens onderzocht welke bijkomende maatregelen bij een latere aanleg (in 2050) wel rendabel worden. Meerdere mogelijkheden werden vergeleken, waaronder de stormvloedkering te Oosterweel (maar dan aangelegd in 2050) en verschillende configuraties van bijkomende overstromingsgebieden. De analyse toonde aan dat ook in 2050 een oplossing met bijkomende overstromingsgebieden een voordeliger kosten-batenverhouding heeft dan de stormvloedkering. Het optimale alternatief inbegrepen uitbreiding is OAc.

De kosten en baten van OAc worden getoond in de laatste kolom in Tabel 3. De terugverdientijd van dit alternatief kan niet bepaald worden, omdat de investeringen over twee periodes gespreid zijn. De investeringen in de eerste periode verdienen zich in 16 jaar terug (net als OAa), de investeringen in de tweede periode in 51 jaar. De netto contante waarde van alternatieven OAa en OAc zijn vrijwel gelijk. Dat komt omdat de netto contante waarde berekend wordt voor het jaar 2004, en met een tijdshorizon tot 2100. Indien de analyse uitgevoerd wordt met referentiejaar 2050 en een tijdshorizon tot 2150, dan heeft alternatief OAc een hogere netto contante waarde dan OAa (in 2050 het nulalternatief).

Het besluit is dat bijkomende maatregelen in 2050 maatschappelijk rendabel zijn, en de meest rendabele overstromingsgebieden zijn geselecteerd. Een bijkomende verhoging van de waterkering rondom Antwerpen zal in 2050 waarschijnlijk ook rendabel zijn maar dit is nu niet nader onderzocht omdat dit relatief eenvoudig en goedkoop is en hiervoor nu geen ruimte moet gereserveerd worden.

Gevoeligheidsanalyse

De gevoeligheidsanalyse toonde aan dat de bovenstaande besluiten geldig blijven bij andere aannames met betrekking tot cruciale parameters en bij andere mogelijke methodologische keuzes. Dit is het gevolg van het hanteren van strenge rendementseisen bij het opstellen van het optimale plan.

Tabel 3: Overzicht van kosten en baten van alle planalternatieven (miljoen euro in prijzen van 2004)

	Basialternatieven											Geoptimaliseerde alternatieven			
	1a	1b	1c	2a	2b	3a	3b	3c	4	5	6	OSVK	OAA	OAB	OAC
	SVK te Oosterweel	SVK's te Mechelen en Lier + dijkverhoging T4000	SVK te Niel + dijkverhoging tot T4000	Dijkverhoging T2500	Dijkverhoging T4000	GOG + lokale dijkverhoging T4000	GOG/GGG + lokale dijkverhoging T4000	GOG + ontp. Durme + lokale dijkverhoging T4000	GOG + lokale dijkverhoging T2500	GOG + lokale dijkverhoging T1000	Overscheide	SVK te Oosterweel + GOG	Optimaal alternatief (GOG + lokale dijkverhoging)	Optimaal alternatief (GGG) + lokale dijkverhoging	Optimaal alternatief + extra GOG's 2050
Uitvoeringskosten	387	231	204	241	255	217	233	258	177	140	1597	397	132	139	149
Veiligheidsbaten tot 2100	728	679	784	692	711	731	733	737	672	648	760	748	737	730	752
Andere kosten en baten tot 2100															
scheepvaart	-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-1	-	-	-
landbouw	-	-	-	-	-	-30	-37	-40	-29	-23	-	-2	-12	-14	-13
bosbouw	-	-	-	-	-	-	-21	-8	-	-	-	-	-	-10	-
visuele hinder omwonenden	-	-	-	-	-	-7	-7	-9	-7	-4	-	-3	-5	-5	-8
ecosysteembaten	-	-	-	-	-	-	71	45	-	-	-	-	-	53	-
recreatie	-	-	-	-	-	13	13	12	12	8	-	1	9	9	10
Netto contante waarde tot 2100	340	449	580	451	456	491	520	478	471	489	-837	346	596	622	593
Terugverdientijd basis (jaar)	41	27	20	27	28	24	20	25	22	17	/	40	16	13	16/51
Terugverdientijd worst case (jaar)	/	/	/	/	/	/	/	/	/	54	/	/	45	33	niet van toepassing

Basisscenario: discontovoet van 4%, gemiddelde economisch groei, zeespiegel stijgt 60 cm in 100 jaar

Worst case: discontovoet van 7%, gemiddelde economische groei, zeespiegel stijgt 30 cm in 100 jaar

- = geen of verwaarloosbaar effect; / = verdient zichzelf niet terug

Tabel 4: Nadere beschrijving van planalternatieven getoond in Figuur 14 en Tabel 3

Alternatief	Beschrijving
1a	Volledig afwerken van Sigmaplan van 1977 inclusief SVK Oosterweel. De 133 km dijkverhoging uit het nulalternatief blijft nodig (als bescherming tegen de bovendebieten).
1b	Idem als alternatief 1a, maar geen stormvloedkering te Oosterweel, wel in het Rupelbekken: nl. op de Beneden-Nete te Lier en op de Beneden-Dijle te Mechelen. Daarenboven worden over een afstand van 289 km ⁵ lokale dijkverhogingen voorzien om te komen tot een veiligheidsniveau van ongeveer 1/4000.
1c	Idem als alternatief 1a, maar geen stormvloedkering te Oosterweel, wel in het Rupelbekken, nl. op de Rupel te Niel. Daarenboven worden over een afstand van 220 km lokale dijkverhogingen voorzien om te komen tot een veiligheidsniveau van ongeveer 1/4000.
2a	Geen bijkomende GOG's noch stormvloedkering. Dijken worden over een afstand van circa 340 km verhoogd tot een hoogte voldoende om een veiligheid van ongeveer 1/2500 te garanderen. Type van waterkering wordt aangepast aan de lokale omstandigheden.
2b	Geen bijkomende GOG's noch stormvloedkering. Dijken worden over een afstand van circa 350 km verhoogd tot een hoogte voldoende om een veiligheid van ongeveer 1/4000 te garanderen. Type van waterkering wordt aangepast aan de lokale omstandigheden.
3a	Oorspronkelijk Sigmaplan wordt afgewerkt met uitzondering van de SVK. Bijkomend 2800 ha nieuwe GOG's ingezet om te komen tot een veiligheidsniveau van ongeveer 1/4000, geen enkele onder vorm van GGG's. Over een afstand van 220 km worden lokale dijkverhogingen voorzien
3b	Zoals alternatief 3a, maar alle GOG's worden ingericht als GGG (voor zover de topografie dit toelaat).
3c	Zoals alternatief 3a, maar er wordt zoveel mogelijk gekozen voor de creatie van intergetijdengebieden door middel van een landinwaartse verplaatsing van de dijken, in overeenstemming met de prioriteiten van het Natuurontwikkelingsplan (NOP) voor het Schelde-estuarium. In totaal zijn er dan 3400 ha bijkomende overstromingsgebieden nodig, waaronder landinwaartse dijkverplaatsing in de Durmevallei, alsmede lokale dijkverhogingen over een afstand van 227 km.
4	Oorspronkelijk Sigmaplan wordt afgewerkt met uitzondering van de SVK. Bijkomend worden 2300 ha nieuwe GOG's ingezet om te komen tot een veiligheidsniveau van ongeveer 1/2500, geen enkele onder vorm van GGG's. Over een afstand van 215 km worden lokale dijkverhogingen voorzien.
5	Oorspronkelijk Sigmaplan wordt afgewerkt met uitzondering van de SVK. Bijkomend worden 1800 ha nieuwe GOG's ingezet om te komen tot een veiligheidsniveau van ongeveer 1/1000, geen enkele onder vorm van GGG's. Antwerpen en andere stedelijke gebieden worden door lokale dijkverhogingen (188 km) bijkomend beschermd tot een niveau boven de 1/1000.
6	Oorspronkelijk Sigmaplan wordt afgewerkt met uitzondering van de SVK. Bijkomend wordt het project Overschelde ingezet. Er worden geen extra GOG's aangelegd.
OSVK	Geoptimaliseerd alternatief met een stormvloedkering ter hoogte van Oosterweel. In vergelijking met alternatief 1a bevat dit alternatief een aantal GOG's langs de Dijle die een bijkomende bescherming tegen bovenafvoer bieden.
OAA	Optimaal alternatief volgens een kosten-batenafweging, bestaande uit een combinatie van GOG's en lokale dijkverhogingen. Dit alternatief wordt in meer detail omschreven in het volgende hoofdstuk.
OAb	Zoals alternatief OAA, maar alle GOG's worden ingericht als GGG (voor zover de topografie dit toelaat), zodat er ecosysteembaten worden voortgebracht.
OAc	Zoals alternatief OAA, maar met extra GOG's in 2050 om de daling van het veiligheidsniveau ten gevolge van de zeespiegelstijging te compenseren.

⁵ In alle planalternatieven is het aantal km nodige dijkverhoging steeds uitgedrukt ten opzichte van de huidige toestand anno 2000 en niet ten opzichte van het nulalternatief.

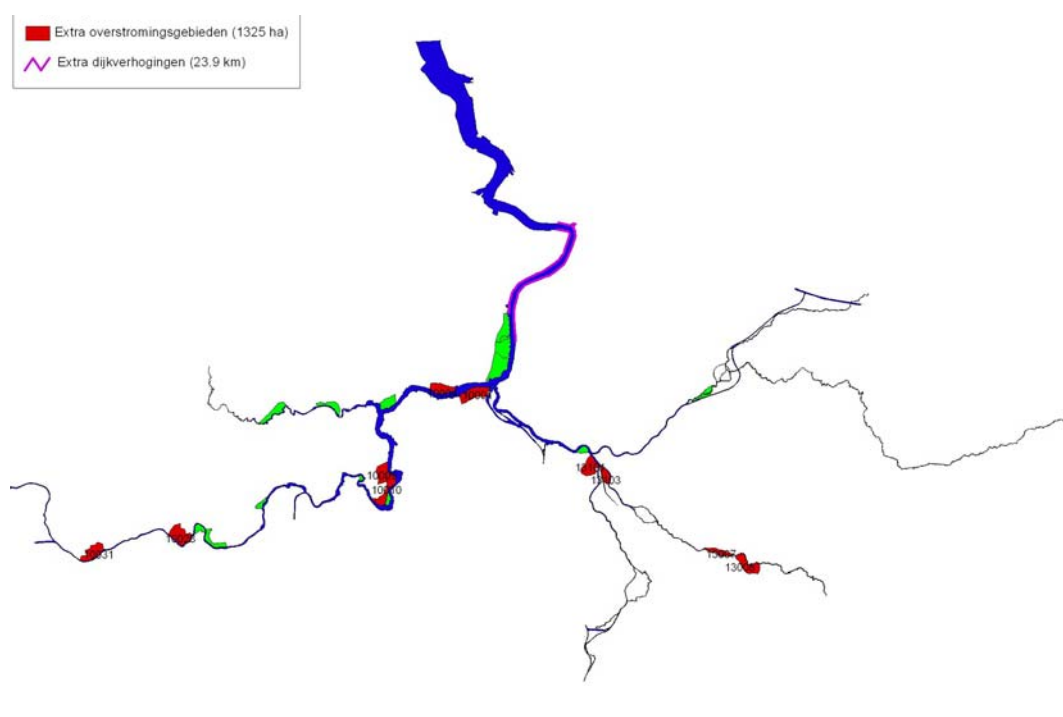
5 Hoe ziet het optimale Sigmaphan er uit?

5.1 Optimaal Sigmaphan

Het optimaal Sigmaphan (alternatieven OAa of OAb) bestaat uit de afwerking van het nulalternatief, de verhoging van 24 km dijken rondom Antwerpen (waaronder aanpassing waterkering (muurtje) in Antwerpen) en de aanleg van 1325 ha overstromingsgebied.

De maatregelen worden voorgesteld in Figuur 15. De ingezette overstromingsgebieden worden opgesomd in Tabel 5.

Figuur 15: Optimaal Sigmaphan (OAa of OAb)



Tabel 5: Overstromingsgebieden in het optimaal Sigmaphan

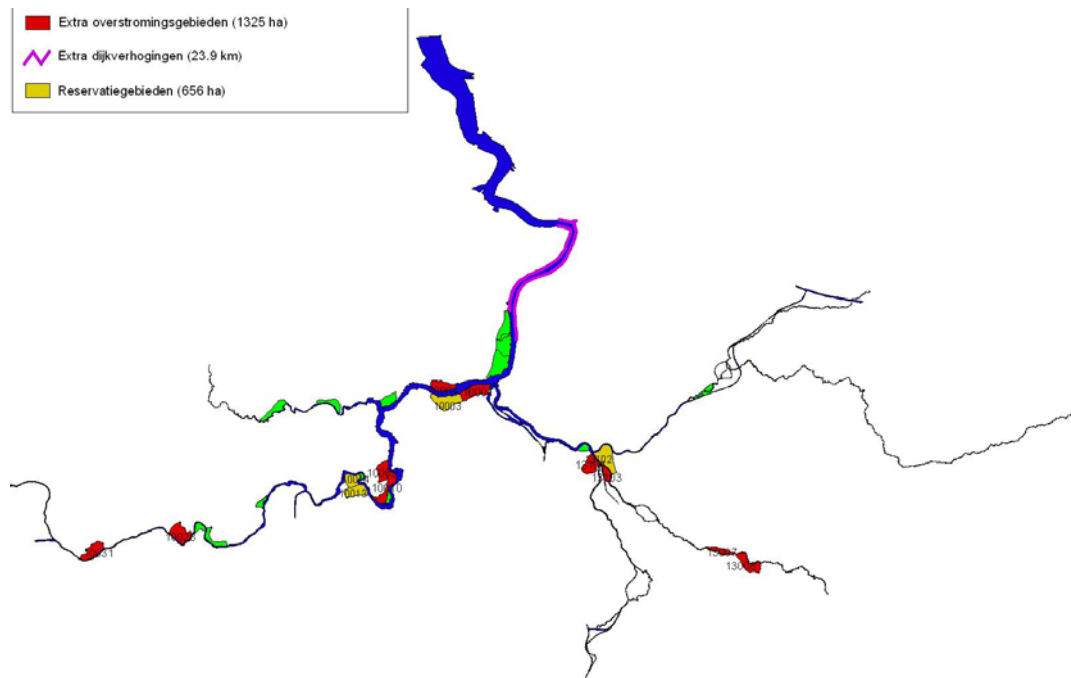
Overstromingsgebied	Zone	Oppervlakte (ha)
100_01: Oudbroekpolder	2	132
100_02: Schelandpolder	2	55
100_04: Schouselbroek	2	127
100_09: Blankaart	2	125
100_10: Zwijn, Grote en Kleine Wal	2	149
131_01: Heindonk	3	146
131_03: Oude Dijlearn	3	66
100_28: Wijmeers	4	182
100_31: Rot en Bastenackers	4	154
130_07: Broek Rijmenam	5	67
130_08: Hoogdonk	5	122

5.2 Optimaal Sigmaplan in 2050

De optimale aanvullende maatregelen in 2050 bestaan uit de aanleg van 656 ha bijkomende overstromingsgebieden en aanpassing van de waterkeringen rondom Antwerpen.

Het optimale Sigmaplan inbegrepen uitbreiding (alternatief OAa) wordt getoond in Figuur 16. De bijkomende reservatiegebieden worden opgesomd in Tabel 6.

Figuur 16: Optimaal Sigmaplan 2050 (OAa of OAb)



Tabel 6: Optimale reservatiegebieden 2050

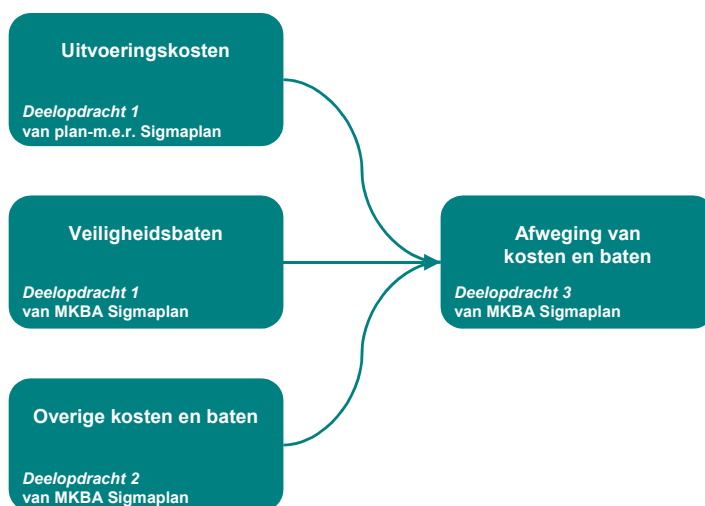
Overstromingsgebied	Zone	Oppervlakte (ha)
100_03: Broekpolder te Hingene	2	206
100_13: Vlassenbroekse polder	2	138
100_14: Krabbendijkse polder	2	102
131_02: Battenbroek	3	210

Bijlage A Overzicht van deelrapporten

A.1 Deelopdrachten van de MKBA

De maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA) van de alternatieven voor het geactualiseerde Sigmaplan is opgedeeld in vier modules en deelopdrachten.

1. De eerste module behelst de raming van de uitvoeringskosten, d.w.z. de kosten voor de aanleg en het onderhoud van de projecten (stormvloedkering, dijken, overstromingsgebieden) waaruit de planalternatieven samengesteld zijn. De berekeningen in deze module zijn uitgevoerd in deelopdracht 1 van de milieueffectrapportage (plan-m.e.r.), en vallen dus buiten de scope van de opdracht van de MKBA. De resultaten worden in de MKBA overgenomen.
2. In de tweede module worden de veiligheidsbaten ingeschat. De veiligheidsbaten bestaan uit de vermeden overstromingsschade en vermeden kosten ten gevolge van het geactualiseerde Sigmaplan. Ze vormen het hoofddoel van de actualisatie van het Sigmaplan, en worden bestudeerd in deelopdracht 1 van de MKBA.
3. De derde module is gewijd aan de overige kosten en baten van het Sigmaplan. De belangrijkste overige effecten zijn de kosten voor land- en bosbouw en de baten ten gevolge van de natuurontwikkeling die in sommige alternatieven plaats vindt. De derde module vormt het voorwerp van deelopdracht 2 van de MKBA.
4. In de vierde module (deelopdracht 3) worden tenslotte alle kosten en baten op gepaste wijze opgeteld, zodat de verschillende alternatieven met elkaar kunnen vergeleken worden.



De volgende pagina toont een overzicht van de rapporten per module.

A.2 Overzicht van deelrapporten

Module van de MKBA	Uitvoeringskosten	Veiligheidsbaten	Overige kosten en baten	Afweging van kosten en baten
Deelopdracht waarin module uitgevoerd werd	Plan-m.e.r. van het Sigmaplan Deelopdracht 1	MKBA van het Sigmaplan Deelopdracht 1	MKBA van het Sigmaplan Deelopdracht 2	MKBA van het Sigmaplan Deelopdracht 3
Deelrapporten	Voorontwerpen en kostenramingen voor de alternatieven	<ul style="list-style-type: none"> 0. Startnota 1. Composietrandvoorwaarden 2. Nulalternatief: waterstanden, overstromingskaarten, schade, slachtoffers en risico 3. Maatschappelijke kosten-batenanalyse van de planalternatieven 4. Lokale optimalisatie tussen dijkverhoging en overstromingsgebieden 5. Gevoeligheidsanalyses op de optimale oplossing 6. Probabilistische aanpak 7. Digitale kaartenbak (D@tlas) 	<ul style="list-style-type: none"> 0. Startnota 1. Effecten op de scheepvaart 2. Effecten op de landbouw 3. Effecten op bosbouw (populierenteelt) 4. Ecosysteembaten 5. Aanvullende nota: Effecten op het voorkomen van leverbot 6. Aanvullende nota: Recreatiebaten van de stormvloedkering 	<ul style="list-style-type: none"> 1. Conclusies op hoofdlijnen (voorlopige besluiten van de analyse van een deel van de alternatieven) 2. Maatschappelijke kosten-batenanalyse van de planalternatieven 3. Lokale optimalisatie tussen dijkverhoging en overstromingsgebieden 4. Gevoeligheidsanalyses op de optimale oplossing 5. Syntheserapport

Gemeenschappelijke rapporten van deelopdrachten 1 en 3

A.3 Korte beschrijving van de rapporten die in de deelopdrachten van de MKBA opgeleverd zijn

Deelopdracht 1

- | | |
|--|--|
| 0. Startnota | Beschrijving van plan van aanpak |
| 1. Composietrandvoorwaarden | Opstelling van een volledige verzameling van composietrandvoorwaarden.
Besluiten met betrekking tot het verdere gebruik van de composietmethode |
| 2. Nulalternatief: waterstanden, overstromingskaarten, schade, slachtoffers en risico | Berekening van de overstromingsrisico's in de huidige situatie, en van hun verwachte toekomstige evolutie bij ongewijzigd beleid (nulalternatief). |
| 3. Maatschappelijke kosten-batenanalyse van de planalternatieven | Berekening van de overstromingsrisico's in de basisplanalternatieven.
Berekening van de veiligheidsbaten (d.w.z. verschil tussen overstromingsrisico in het nulalternatief en in de basisplanalternatieven).
De besluiten van de berekeningen worden voorgesteld in een geïntegreerde rapportage met deelopdracht 3, zodat een volledig overzicht van de kosten en baten van de basisplanalternatieven (in vergelijking met het nulalternatief) bekomen wordt. |
| 4. Lokale optimalisatie tussen dijkverhoging en overstromingsgebieden | Ontwikkeling van het optimale alternatief voor de actualisatie van het Sigmaplan.
De besluiten van de optimalisatie worden voorgesteld in een geïntegreerde rapportage met deelopdracht 3, zodat een volledig overzicht van de kosten en baten van het optimale alternatief (in vergelijking met het nulalternatief) bekomen wordt. |
| 5. Gevoeligheidsanalyses op de optimale oplossing | Analyse van de gevoeligheid van de resultaten in faserapport 4 ten opzichte van variaties in de ten opzichte van variaties in de aannames over cruciale parameters (composietrandvoorwaarden, bresvorming, hoogte van de overloopp dijken, klimaatswijziging, economische groei) en in de vorm van de risicoformule en de schadefuncties.
De besluiten van de gevoeligheidsanalyses worden voorgesteld in een geïntegreerde rapportage met deelopdracht 3. |

- 6. **Probabilistische aanpak** In de vorige rapporten werd steeds gewerkt met de composietmethode. In de probabilistische aanpak wordt gewerkt met de Monte Carlo methode. Deze wordt toegepast op het nulalternatief en het optimale Sigmaplan, als een gevoeligheidsanalyse op de methode voor de berekening van de veiligheidsbaten.
- 7. **Digitale kaartenbak (D@tlas)** De overstromingskaarten, schadekaarten, slachtofferkaarten en risicokaarten van het nulalternatief, de planalternatieven en het optimale alternatief worden ter beschikking gesteld via een digitale kaartenbak op DVD.

Deelopdracht 2

- 0. **Startnota** Beschrijving van plan van aanpak
- 1. **Effecten op de scheepvaart** Bepaling van de hinder voor de scheepvaart ten gevolge van de aanleg en de werking van stormvloedkeringen.
- 2. **Effecten op de landbouw** Bepaling van de kosten voor de landbouw ten gevolge van de aanleg en de werking van overstromingsgebieden.
- 3. **Effecten op de bosbouw (populierenteelt)** Bepaling van de kosten voor de bosbouw (populierenteelt) ten gevolge van de aanleg en de werking van overstromingsgebieden.
- 4. **Ecosysteembaten** Een aantal planalternatieven die meer ruimte aan de rivier geven, gaan gepaard met de ontwikkeling van nieuwe natuur (met name in GGG's en nieuwe intergetijdengebieden gecreëerd door de landinwaartse verplaatsing van dijken). Deze natuur brengt diverse baten met zich mee (bijvoorbeeld nutriëntenzuivering, sedimentvang, recreatieve beleving,...). In dit rapport worden de natuurbaten geïdentificeerd en gewaardeerd.
- 5. **Aanvullende nota: Effecten op het voorkomen van leverbot** Deze nota vormt een aanvulling op faserapport 2 over de effecten op de landbouw. Er wordt nagekeken of overstromingsgebieden kunnen leiden tot een frequenter voorkomen van leverbot en andere parasieten, en of dit effect voldoende meegenomen is in de berekening van de kosten voor de landbouw. Op basis van de bevindingen werd besloten dat geen aanpassing van de besluiten in faserapport 2 nodig was.

6. **Aanvullende nota:
Recreatiebaten van de
stormvloedkering**
- Deze nota vormt een aanvulling op faserapport 4 over de ecosysteembaten. Eén van de gewaardeerde ecosysteembaten betrof de recreatieve beleving van natuurontwikkeling in overstromingsgebieden. Ter vergelijking wordt in deze nota de mogelijke recreatiewaarde van een grote stormvloedkering geraamd (waarde gehecht aan een bezoek aan de stormvloedkering). De analyse toont aan dat de bruto recreatiewaarde eerder gering is. De netto waarde (minus de uitbatingskosten van een bezoekerscentrum) kan zelfs negatief zijn. Er werd dus besloten dat er geen bijstelling van de besluiten in faserapport 4 nodig was.

Deelopdracht 3

1. **Conclusies op hoofdlijnen**
- In dit rapport worden de vier meest onderscheidende basisalternatieven van het Sigmaplan (namelijk stormvloedkering, dijkverhoging, ruimte voor de rivier en Overschelde) aan een kosten-batenanalyse onderworpen. Dit rapport werd in een vroeg stadium van de MKBA (maart 2004) opgesteld om input aan te leveren aan de studies van de Ontwikkelingsschets 2010 Schelde-estuarium.
2. **Maatschappelijke kosten-batenanalyse van de planalternatieven**
- In dit rapport (geïntegreerd met faserapport 3 van deelopdracht 1) worden de resultaten voorgesteld van de kosten-batenanalyse van alle basisplanalternatieven van het Sigmaplan.
3. **Lokale optimalisatie tussen dijkverhoging en overstromingsgebieden**
- Met behulp van de inzichten en het instrumentarium van de kosten-batenanalyse van de basisplanalternatieven, worden geoptimaliseerde alternatieven voor het Sigmaplan ontwikkeld en onderling vergeleken. Hieruit volgt een selectie van het optimale Sigmaplan vanuit het standpunt van de MKBA. Het rapport is geïntegreerd met faserapport 4 van deelopdracht 1.
4. **Gevoeligheidsanalyses op de optimale oplossing**
- Analyse van de gevoeligheid van het optimale Sigmaplan ten opzichte van variaties in de aannames over cruciale parameters. Het rapport is geïntegreerd met faserapport 5 van deelopdracht 1.
5. **Syntheserapport**
- Voorliggend rapport**