

Kwantitatieve schadeanalyse in het Lauwersmeergebied als gevolg van een overstroming vanuit het Lauwersmeer.

Niels Nijborg
3-4-2014

UNIVERSITEIT TWENTE.

Waterschap NOORDERZIJLVEST



Kwantitatieve schadeanalyse in het Lauwersmeergebied als gevolg van een overstroming vanuit het Lauwersmeer.

Bachelor Eindopdracht

Niels Nijborg

Enschede, 3 april 2014

Begeleiding vanuit de Universiteit Twente:

Prof. dr. A. van der Veen
Department of Water Engineering and Management

Begeleiding vanuit het waterschap Noorderzijlvest:

Dhr. R. Beukema
Teamleider district Noord-West

Samenvatting

Door klimaatverandering en verdergaande bodemdaling zullen problemen met water in de toekomst steeds frequenter voorkomen. Hoogwaters in januari 2012 en december 2013 hebben de discussie over de buffercapaciteit van het Lauwersmeer weer opgelaaide. Door een blijvende hoogwaterstand op de Waddenzee (als gevolg van opstuwing door wind) was het niet mogelijk om te spuien. In deze situatie fungeert het Lauwersmeer als buffer, echter twijfelt men of de buffercapaciteit groot genoeg is om voor langere tijd het water te bergen. Maatregelen die kunnen zorgen voor een verhoogde buffercapaciteit, zoals het ophogen van kades of het bouwen van een gemaal zijn kostbaar. De vraag rijst of het economisch gezien niet voordeliger is om een overstroming eens in de x-aantal jaren te accepteren en de gevolgschade te compenseren. Het waterschap Noorderzijlvest wilde meer inzicht verkrijgen in de omvang van de overstromingsschade in het Lauwersmeergebied, mede omdat het hier voornamelijk om natuurgebied gaat.

Het doel van dit onderzoek, in opdracht van het waterschap, is het vaststellen van de schade als gevolg van een overstroming vanuit het Lauwersmeer. Dit is gedaan met behulp van de modellen 'Hoogwater Informatie Systeem-Schade en Slachtoffer Module' (HIS-SSM) en de 'WaterSchadeSchatter' (WSS) en het in kaart brengen van de belangrijkste onzekerheden in de uitkomst van die schades. Daarnaast krijgt het waterschap in dit rapport meer inzicht in de gebruikte schademodelden, zodat deze in de toekomst wellicht weer ingezet kunnen worden.

De werking en karakteristieken van de gebruikte schademodelden zijn in de eerste onderzoeksvraag uitgewerkt. Het blijkt dat beide modellen voor een ander type overstroming zijn ontwikkeld. De WSS is met name ontwikkeld voor het berekenen van de schade in gebieden met een relatief kleine oppervlakte en rekent dan ook met een celgrootte van 0,5m x 0,5m. Daarnaast is de WSS in tegenstelling tot de HIS-SSM een gebruiksvriendelijk en vrij toegankelijk model. De HIS-SSM, met een celgrootte van 100m x 100m, is juist ontwikkeld voor het berekenen van de schade als gevolg van een grootschalige overstroming, waarin stroomsnelheden, stijgsnelheden, maar ook het aantal (dodelijke) slachtoffers in mee wordt gewogen.

Een aantal belangrijke onzekerheden en factoren die over het algemeen van invloed zijn op de omvang van de economische schade zijn:

- ❖ Type landgebruik
- ❖ Inundatieduur / periode / diepte
- ❖ Aantal slachtoffers
- ❖ Bresgroei
- ❖ Economische situatie
- ❖ Klimaatverandering
- ❖ Risicoperceptie
- ❖ Stroom- en stijgsnelheid

De totale schade in het Lauwersmeergebied uitgerekend met de gebruikte schademodelden voor drie scenario's zijn hieronder weergegeven. De overstroming is met het 1D/2D Sobek model gesimuleerd voor respectievelijk 48 (scenario kort), 72 (scenario middel), 96 (scenario lang) overstromingsuren. Hierbij moet echter vermeld worden dat er geen betrouwbare schatting kon worden gegeven van de overstromingssnelheid, waarmee het Lauwersmeer volliep en overstroomde.

	Scenario kort	Scenario middel	Scenario lang
Totale schade WSS	€ 6.520.653	€ 7.234.582	€ 11.523.385
Totale schade HIS-SSM	€16.187.017	€31.563.388	€47.114.684

Aangezien het in deze casus gaat om een relatief kleine overstroming met verwaarloosbare stroomsnelheden en waterstanden van slechts enkele decimeters, is het aannemelijk dat de meeste waarde gehecht moet worden aan de uitkomst van de WSS. Belangrijke vermelding hierbij is dat aan deze uitgerekende schades verschillende aannames ten grondslag liggen en dat er een bepaalde onzekerheid zit in de gehanteerde schadebedragen. Bovendien wordt de schade aan natuurgebied niet goed meegewogen in de totale schade.

Een tot op heden lastig fenomeen is het waarderen van de natuur in monetaire eenheden en dus ook het waarderen van de schade als gevolg van een overstroming. Eén van de redenen hiervoor is dat er te weinig bekend is over de fysieke impact van een overstroming op de natuur. In de gebruikte schademodelen wordt de natuur dan ook niet, of niet volledig meegenomen in de schadeberekening. Uitgebreider onderzoek naar fysieke effecten van een overstroming op natuur en het vaststellen van bijbehorende schadebedragen is wenselijk.

De WSS is voor het waterschap een goed en eenvoudig toepasbaar hulpmiddel om de schade uit te rekenen van wateroverlast in gebieden met een relatief klein oppervlak. Aangeraden aan het waterschap wordt dan ook om dit in de toekomst mee te laten wegen in beslissingen voor eventuele verbeteringsmaatregelen en/of het inrichten van (nood)bergingsgebieden. De HIS-SSM kan eventueel gebruikt worden bij het doorrekenen van de schade als gevolg van een overstroming vanuit zee, als gevolg van een doorbraak van een primaire kering.

Verder is het wenselijk voor het waterschap om meer onderzoek te doen naar de fysieke effecten van een overstroming op de flora en fauna in het Lauwersmeergebied. Tot slot is het voor het waterschap nuttig om te weten hoelang het duurt, voordat het water over de kade stroomt als gevolg van gesloten spuisluizen te Lauwersoog en maximale lozing op het Lauwersmeer van de afwaterende gebieden. Deze informatie is van belang bij het afwegen van eventuele maatregelen, zoals het verhogen van de kades.

Voorwoord

Voor u ligt het definitieve rapport van het onderzoek naar de economische schade als gevolg van een overstroming vanuit het Lauwersmeer. Met deze opdracht wordt mijn Bachelorfase van de studie Civiele Techniek aan de Universiteit Twente afgerond, welke toegang verleent tot de Masterfase. Vanuit de Universiteit Twente werd aanbevolen om het onderzoek extern uit te voeren, zodat ook ervaring wordt verkregen met het werken in een organisatie, anders dan de universiteit. De opleiding bevat drie richtingen, namelijk bouw-, verkeers- en wateraspecten. Mijn interesses liggen met name op het gebied van het water en ik wil mezelf hierin dan ook verder ontwikkelen.

De Bachelor Eindopdracht omvatte een tien weken durend onderzoek (7 januari 2014 tot en met 14 maart 2014) voor het waterschap Noorderzijlvest te Groningen. Na overleg met het waterschap is uiteindelijk besloten om een onderzoek te doen naar overstromingsschade in het Lauwersmeergebied. Het onderwerp van dit onderzoek betreft:

“Een kwantitatieve schadeanalyse in het Lauwersmeergebied als gevolg van een overstroming vanuit het Lauwersmeer.”

Ik wil het waterschap Noorderzijlvest en dan met name mijn stagebegeleider dhr. R. Beukema bedanken voor het aanbieden van een afstudeerplaats, het formuleren van een relevante opdracht en de begeleiding tijdens het proces. Verder wil ik van het waterschap ook graag dhr. J. Gooijer bedanken voor het aanleveren van de benodigde data, dat heeft bijgedragen aan een succesvolle afronding van dit onderzoek. Van de Universiteit Twente wil ik graag dhr. R.H. Buijsrogge bedanken voor de hulp bij het simuleren van een overstroming in het Sobek model. Als laatste wil ik prof dr. A. van der Veen van de Universiteit Twente bedanken voor de begeleiding van de opdracht en informatie die ik via hem heb verkregen.

Groningen, 13 maart 2014

Niels Nijborg

Inhoud

Samenvatting.....	II
Voorwoord	IV
1. Inleiding	1
1.2 Aanleiding.....	1
1.3 Leeswijzer	2
2. Probleemstelling.....	2
3. Doel & Onderzoeksvragen.....	3
4. Beschrijving Lauwersmeergebied.....	4
4.2 Militair oefenterrein Marnewaard	5
4.3 Natuur.....	5
4.4 Recreatie.....	6
4.5 Landgebruik.....	6
5. Systeembeschrijving Lauwersmeer	6
5.2 Effecten klimaatverandering	8
6. Deelvraag 1 Karakteristieken schademodelen	8
6.2 WaterSchadeSchatter.....	8
6.2.1 Inhoudelijke beschrijving WSS.....	9
6.3 Hoogwater Informatie Systeem-Schade en Slachtoffer Module	10
6.3.1 Inhoudelijke beschrijving HIS-SSM	11
6.4 Verschillen WSS en HIS-SSM.....	12
7. Deelvraag 2 Invloeden op omvang economische schade	13
8. Deelvraag 3 Schadeanalyse WSS en HIS-SSM	15
8.1 Simuleren overstroming.....	16
8.2 Schadeanalyse WSS	17
8.3 Schadeanalyse HIS-SSM.....	19
9. Deelvraag 4 Interpretatie resultaten schadeanalyse	21
9.1 Belangrijkste verschillen WSS en HIS-SSM	21
9.2 Verklaring verschillen	23
9.3 Schade in Lauwersmeergebied.....	23
10. Deelvraag 5 Schade aan natuur.....	24
10.1 Waardering natuur	24
10.2 OEI-leidraad Lauwersmeergebied	24

10.3	Berekening schade aan natuur in schademodellen	26
10.3.1	Natuur in WSS.....	27
10.3.2	Natuur in HIS-SSM	27
11.	Conclusie	28
12.	Discussie	29
13.	Advies waterschap Noorderzijlvest	30
14.	Vervolg onderzoek.....	30
	Bibliografie	31
	Bijlagen	33

1. Inleiding

In dit onderzoeksverslag wordt aan de hand van twee schademodelen, de 'WaterSchadeSchatter' en de 'Hoogwater Informatie Systeem-Schade en Slachtoffermodule', berekend wat de waterschade is van een eventuele overstroming vanuit het Lauwersmeer. Waterschap Noorderzijlvest vroeg zich af wat de schade van een overstroming zou zijn, aangezien een groot gedeelte van het gebied bestaat uit natuur, dat niet direct is uit te drukken in geldeenheden. Door beide softwarepakketten te gebruiken wordt getracht een compleet en betrouwbaar beeld te krijgen van de optredende economische schade. Vooraf inzicht verkrijgen in de gevolgen van een overstroming maakt het mogelijk om beleidsmatige afwegingen te maken over het nemen van passende en preventieve maatregelen. Economisch gezien moeten de baten van een te nemen maatregel groter zijn dan de kosten die deze met zich meebrengt.

1.2 Aanleiding

In de afgelopen jaren is er veel aandacht geweest voor het Lauwersmeer. Sinds kort is de discussie tussen Waterschap Noorderzijlvest en Wetterskip Fryslân weer opgelaaide met betrekking tot de buffercapaciteit.

Door extreme neerslag en een noordwesterstorm steeg het waterpeil in Groningen en het Lauwersmeergebied begin 2012 enorm (Figuur 1). In de eerste vijf dagen van 2012 viel er 80 millimeter regen, hoeveelheden die normaal in de hele maand januari vallen. Daarnaast kon er door een noordwesterstorm niet gespuid worden, omdat het water op de Waddenzee gewoonweg te hoog stond. Om het waterpeil te laten zakken hebben de Groningse waterschappen Noorderzijlvest en Hunze en Aa's noodmaatregelen getroffen, waaronder het inzetten van waterbergingen.



Figuur 1 - Hoogwater Lauwersmeer januari 2012

Nog recenter was de Noordwesterstorm in combinatie met springtij, dat op 5 en 6 december 2013 hoogwater veroorzaakte. De waterstand bij Lauwersoog klom op tot NAP +3,72 m, mede door de combinatie van een hoog zeewaterpeil en opstuwing door wind (Noorderzijlvest, 2013).

De verwachting is dat in de toekomst situaties, zoals begin 2012, vaker zullen voorkomen. Dit heeft onder andere te maken met de gevolgen van klimaatverandering. Het KNMI heeft de gevolgen voor Nederland uiteengezet (KNMI, 2009):

- ❖ De opwarming zet door; hierdoor komen zachte winters en warme zomers vaker voor.
- ❖ De winters worden gemiddeld natter en ook de extreme neerslaghoeveelheden nemen toe.
- ❖ De hevigheid van extreme regenbuien in de zomer neemt toe, maar het aantal zomerse regendagen wordt juist minder.
- ❖ De zeespiegel blijft stijgen.

De gevolgen van de klimaatverandering zullen onomstotelijk effect hebben op de waterhuishouding. Bij ongewijzigd beleid gaat dit leiden tot meer en vaker wateroverlast.

De waterschappen, zo ook waterschap Noorderzijlvest, doen er alles aan om een robuust watersysteem te creëren die in tijden van (extreme) neerslag het water snel afvoert en/of zorgen voor berging. In de afgelopen jaren zijn veel wateroverlast knelpunten opgelost. Soms heerst echter het gevoel dat de kosten van de te nemen maatregelen niet opwegen tegen de baten. Voor deze situaties is het zinvol om de kosten en baten van wateroverlast maatregelen in kaart te brengen.

1.3 Leeswijzer

Het verslag bestaat uit een onderzoek naar de schade in het Lauwersmeergebied, als gevolg van een overstroming. In hoofdstuk 2 en 3 zijn respectievelijk de probleemstelling en het doel inclusief onderzoeksvragen geformuleerd. Om een goed beeld te krijgen van het studiegebied worden in de hoofdstukken 4 en 5 respectievelijk het Lauwersmeergebied en het watersysteem Lauwersmeer beschreven.

Hierna worden in de hoofdstukken 6 t/m 10, de onderzoeksvragen beantwoord. In hoofdstuk 6 wordt een introductie gegeven van de gebruikte schademodelen. Daarna worden in hoofdstuk 7 factoren/onzekerheden in kaart gebracht die invloed hebben op de economische schade in het algemeen. In hoofdstuk 8 worden eerst de resultaten getoond van een gesimuleerde overstroming vanuit het Lauwersmeer en vervolgens wordt de economische schade berekend voor deze casus. In hoofdstuk 9 worden de resultaten van de schadeanalyse geïnterpreteerd. De laatste onderzoeksvraag heeft betrekking op de omgang van de schademodelen met de 'natuur' en wordt behandeld in hoofdstuk 10.

Uiteindelijk vormt alles tezamen in hoofdstuk 11 een conclusie waarin de hoofdvraag wordt beantwoord. Na de conclusie worden in hoofdstuk 12, in de discussie, een aantal aspecten uitgelicht die van invloed zijn geweest op het verloop en het resultaat. Verder wordt in hoofdstuk 13 en 14 een aanbeveling gedaan voor het waterschap en worden een aantal onderwerpen aangedragen die verder onderzoek behoeven.

Als laatste zijn er verscheidene bijlagen geschreven waar in de hoofdtekst naar verwezen wordt.

2. Probleemstelling

Klimaatverandering in combinatie met bodemdaling gaan in Nederland in de toekomst vaker voor problemen zorgen. Het gevaar op overstromingen worden door deze factoren steeds groter. Niet alleen de kans van een overstroming vanuit zee wordt bij gelijkblijvend beleid groter, ook binnendijs worden de kansen op een overstroming groter door hogere waterstanden in rivieren en sloten. Aan de ene kant zorgen klimaatverandering en bodemdaling voor een verhoogde kans op overstromingen. Aan de andere kant brengt klimaatverandering met zich mee dat er in de zomer vaker te lage oppervlakte- en grondwaterstanden optreden met verdroging en watervervuiling tot gevolg. Het ministerie van Verkeer en Waterstaat (2000) stelt dat deze ontwikkelingen vragen om de nodige investeringen in het huidige waterbeleid. Het verbeteren van watersystemen vraagt de maatschappij om kostbare investeringen te doen, zoals het ophogen van dijken of juist ruimte maken voor het water. Het geld dat gebruikt wordt voor deze investeringen zal dan ten koste gaan van andere overheidsinvesteringen, zoals bijvoorbeeld voor het onderwijs of infrastructuur. Een weloverwogen beslissing in het investeringsbeleid van de overheid is belangrijk.

Er zijn grote discrepanties tussen de hoogte van de economische schades in de verschillende provincies in Nederland. In bijvoorbeeld de provincies Noord- en Zuid-Holland zal de economische schade vele malen hoger zijn dan wanneer een soortgelijke overstroming plaatsvindt in een ander deel van het land (Kind, 2011). Dit komt omdat deze provincies van cruciaal belang zijn voor de Nederlandse economie en omdat de bevolkingsdichtheid hier hoog is. Er wordt dus altijd gezocht naar een optimale economische overstromingskans. Met 'optimaal' wordt bedoeld, dat de totale contante waarde van de investeringskosten en de verwachte schade zo minimaal mogelijk zijn. Kortom, vanuit economisch perspectief moeten de baten opwegen tegen de kosten, omdat het anders niet verantwoord is om bijvoorbeeld een dijkverhoging toe te passen. Er kan echter ook iets beschermd worden dat geen economische waarde heeft, bijvoorbeeld de natuur met een meer maatschappelijke waarde.

Het Lauwersmeer valt onder toezicht van waterschap Noorderzijlvest en sinds kort is er tussen Waterschap Noorderzijlvest en Wetterskip Fryslân discussie ontstaan over de buffercapaciteit. Ten tijde van hoogwater op de Waddenzee en hoge afvoeren vanuit Friesland, Groningen en Drenthe stijgt het water in het Lauwersmeer en in extreme situaties stroomt het over de kades met bepaalde schade tot gevolg. Om de buffercapaciteit van het Lauwersmeer te vergroten zullen maatregelen nodig zijn. De vraag is of de kosten hiervan economisch gezien rendabel zijn in vergelijking met de verwachte schade (overstromingskans maal schade) die ontstaat door een overstroming vanuit het Lauwersmeer. Aan de andere kant rijst ook de vraag of het maatschappelijk verantwoord is om niet te investeren in de waterhuishouding en een overstroming eens in de zoveel tijd te accepteren.

In Nederland worden op dit moment twee schademodelen toegepast voor het berekenen van overstromingsschade, namelijk 'Hoogwater Informatie Systeem-Schade en Slachtoffer Module' (HIS-SSM) en de 'WaterSchadeSchatter' (WSS). De modellen benaderen de schade elk vanuit een andere invalshoek.

Het probleem is dat het waterschap op dit moment geen inzicht heeft in de omvang van de economische schade als gevolg van te hoge waterstanden op het Lauwersmeer.

3. Doel & Onderzoeksvragen

Het doel van dit onderzoek is het vaststellen van de schade als gevolg van een overstroming vanuit het Lauwersmeer met de modellen 'Hoogwater Informatie Systeem-Schade en Slachtoffer Module' (HIS-SSM) en de 'WaterSchadeSchatter' (WSS) en het in kaart brengen van de belangrijkste onzekerheden in de uitkomst van die schades. Daarnaast is het doel dat het waterschap meer inzicht krijgt in de gebruikte schademodelen, zodat deze in de toekomst wellicht weer ingezet kunnen worden.

Om het onderzoek uit te voeren is er één hoofdvraag opgesteld. Om deze hoofdvraag op een juiste manier te kunnen beantwoorden zijn er verschillende deelvragen geformuleerd. Met het beantwoorden van de deelvragen wordt getracht een solide en betrouwbaar antwoord te geven op de hoofdvraag, die in samenwerking met het waterschap Noorderzijlvest is opgesteld.

Hoofdvraag

Wat is de omvang van de overstromingsschade in het Lauwersmeergebied in geldeenheden, als gevolg van gesloten spuisluizen en maximale lozing op het Lauwersmeer, na 48, 72 en 96 overstromingsuren?

Deelvragen

Om inzicht te krijgen in de methodologie rondom het schatten van de economische schade als gevolg van een overstroming wordt in de literatuur gezocht naar modellen om dit te kwantificeren.

- 1) Wat zijn de karakteristieken van de modellen die in Nederland gebruikt worden voor het schatten van de economische schade als gevolg van een overstroming?*

De schade in een gebied is van vele factoren afhankelijk en door deze factoren in kaart te brengen wordt meer inzicht verkregen in de onzekerheid van de uiteindelijk berekende schade.

- 2) Welke factoren/onzekerheden hebben invloed op de economische schade in het algemeen?*

Uit het rapport van Vreeken (2013) volgt dat de modellen verschillend functioneren en dus ook andere uitkomsten genereren. Er wordt hier een resultaat gegeven van de schadeanalyse gericht op het Lauwersmeergebied met het HIS-SSM model en de WSS.

- 3) Wat is de omvang van de schade in het Lauwersmeergebied in geldeenheden, berekend met de schademodelen HIS-SSM en de WSS, als gevolg van gesloten spuisluizen en maximale lozing op het Lauwersmeer, na 48, 72 en 96 overstromingsuren?*

De resultaten van de casus uit het rapport van Vreeken (2013) tonen aan dat er wel degelijk verschillen zitten in de uitkomsten van beide schademodelen. De vraag is echter of deze verschillen ook zichtbaar worden in het Lauwersmeergebied, waar het voornamelijk natuur betreft.

- 4) Welke verschillen zitten er in de schade uitkomsten van de modellen voor het Lauwersmeergebied en hoe kunnen deze verklaard worden?*

De natuur wordt in de schademodelen niet meegenomen als directe schadepost, echter heeft dit wel een bepaalde waarde voor een gebied. De vraag is wat deze modellen doen met de natuurrijke gebieden in de berekening.

- 5) Hoe wordt in de modellen omgegaan met de 'natuur'?*

4. Beschrijving Lauwersmeergebied

Het Lauwersmeergebied ligt in het noorden van Nederland op de grens van Groningen en Friesland. Het gebied valt binnen het stroomgebied Rijn-Noord. In Bijlage A is een overzicht gegeven van het Lauwersmeergebied binnen het totale beheergebied van waterschap Noorderzijlvest.

De begrenzing van het Lauwersmeergebied (Figuur 2) wordt gevormd door de vroegere zeedijk van de Lauwerszee en de 13 km lange zeedijk waarmee de Lauwerszee in 1969 werd afgesloten van de Waddenzee. Omdat het tussen Zoutkamp en Lammerburen gelegen gedeelte van het Reitdiep in

4.2 Militair oefenterrein Marnewaard

4.3 Natuur

5

4.4 Recreatie

Het Lauwersmeergebied is uitermate geschikt voor surfen, recreatievaart, zwemmen etc. Camping Lauwersoog en Landal natuurdorp Suyderoogh hebben zich dan ook gevestigd aan de rand van het Lauwersmeer. Naast recreatievaart wordt het Lauwersmeer ook gebruikt door de beroepsvaart en enkele vissers die een vergunning hebben voor het vissen op aal. Daarnaast zijn er verschillende wandelroutes in het gebied aangelegd om te kunnen genieten van de veelzijdige natuurlijke omgeving.

4.5 Landgebruik

Zoals eerder is aangegeven, bedraagt de totale oppervlakte van het Lauwersmeergebied ca. 10.900 ha. Het grootste gedeelte van het Lauwersmeergebied betreft natuur en bebossing. Daarnaast wordt de grond ten oosten en ten zuiden van het Lauwersmeer gebruikt als landbouwgrond. Het aandeel bebouwing en wegen is in het gebied gering. In Tabel 1 is een overzicht gegeven van de typen landgebruik in het gebied met bijbehorende aandelen (Waterschap Noorderzijlvest, 2008). Een virtuele weergave van de ligging en grootte van elk type landgebruik is opgenomen in Bijlage C.

Tabel 1: Aandelen per type landgebruik in het Lauwersmeergebied

Landgebruik	Oppervlakte (ha)	Percentage
Akkerbouw	1.815	17
Bebouwing in buitengebied	48	1
Grasland	646	6
Hoofd- en spoorwegen	118	<1
Kale grond	22	< 1
Natuur	5.058	48
Stedelijk bebouwd gebied	25	< 1
Zoet water	2.722	26
Totaal	10.454	100

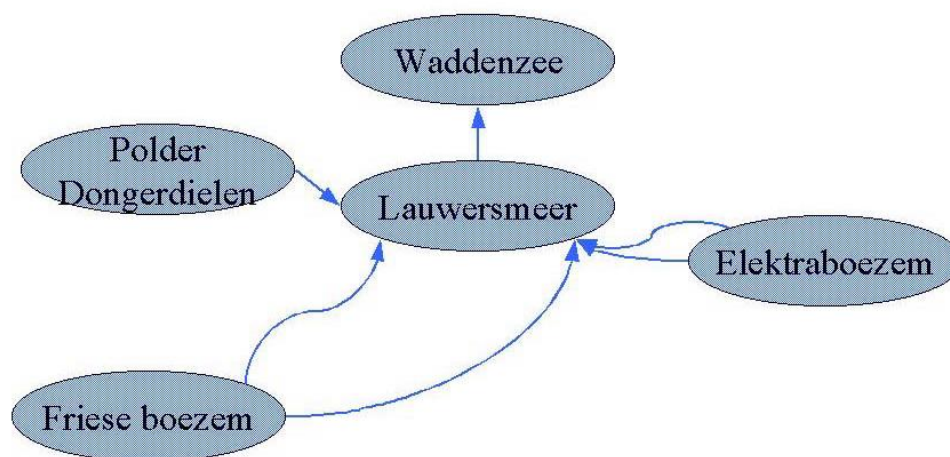
5. Systeembeschrijving Lauwersmeer

Het Lauwersmeer is in 1969 ontstaan door het afsluiten van de Lauwerszee. De voornaamste reden tot de indijking van de Lauwerszee was verkorting van de kustlijn om daarmee een grotere veiligheid tegen overstromingen te krijgen. Een tweede andere belangrijke reden was de verbetering van de waterhuishouding van het achterland. Een derde reden tot afsluiting was landaanwinning.

In het waterbeheerplan 2010 – 2015 van waterschap Noorderzijlvest wordt het Lauwersmeer bestempeld als een ‘zwak brak meer’ met een sterk veranderend karakter. Een voormalig zeearm met stilstaand water in een zeekleigebied met niet alleen een belangrijke afwateringsfunctie, maar ook een natuurlijke en recreatieve functie. Het water heeft een redelijk constant tot sterk wisselend zoutgehalte.

Het Lauwersmeer heeft een belangrijke betekenis voor zowel de waterafvoer uit westelijk Groningen en noordwestelijk Drenthe (via de Electraboezem) als de waterafvoer uit Friesland. Naast de transportfunctie werd door het creëren van het Lauwersmeer ook een bergingsfunctie toegevoegd. Een belangrijk onderdeel van het Lauwersmeer is het spuisluizencomplex (R.J. Cleveringsluizen) te Lauwersoog. Hier wordt overtollig water vanuit de Electraboezem en Fryslân via het Lauwersmeer

onder vrij verval op de Waddenzee geloosd (capaciteit 1900 m³/s). Als de waterstand op de Waddenzee laag genoeg is, worden de schuiven in de sluizen omhooggetrokken en begint het spuien. In Figuur 3 is een schematische weergave te zien van de watersystemen in relatie tot het Lauwersmeer (B. Kolen & D. Klopstra (HKV lijn in water) en A. Swenne & D. Logemann (Arcadis), 2004). Getracht wordt om via vrijverval op het Lauwersmeer te lozen, echter kan vanuit de Elektraboezem en polder Dongerdielen ook geforceerd geloosd worden. De Friese boezem kan alleen lozen door middel van vrijverval.



Figuur 3: Schematisatie watersystemen in relatie tot het Lauwersmeer

Onder normale omstandigheden vormen het Lauwersmeer en de Electraboezem van Noorderzijlvest één geheel. In Bijlage D wordt het schillenmodel uitgelegd waar het Lauwersmeer een belangrijke functie in vervult. De gehanteerde waterstand is NAP - 0,93 m, conform het principe van de Water-Aan en Afvoer Regeling (2003). Bij deze waterstand heeft het Lauwersmeer samen met het daarmee in openstaande verbinding van het Reitdiep tot het boezemgemaal De Waterwolf te Lammerburen een oppervlakte van ruim 2400 ha. Bij het oplopen van de waterstand overstromen rietvelden en zandplaten en daarmee breidt de bergingsoppervlakte zich gelijkmatig uit. Bij een maximaal toelaatbare waterstand van NAP +0,00 m is deze circa 4700 ha. Bij deze waterstand wordt er op het Lauwersmeer ongeveer 30 miljoen m³ water geborgen. Afhankelijk van de zeewaterstand en de boezemwaterstand wordt bij laagwater gemiddeld 4 miljoen m³ water per tij geloosd. Deze hoeveelheid kan echter oplopen tot meer dan 10 miljoen m³ per tij (Waterschap Noorderzijlvest, 2003).

Er wordt getracht het spuien te Lauwersoog – en daarmee de waterstand op het Lauwersmeer – zo te regelen dat het teveel aan water op de Electraboezem onder vrijverval naar het Lauwersmeer stroomt. Indien de vrije afstroming onvoldoende is kan met de inschakeling van de boezem gemalen De Waterwolf te Lammerburen en H.D. Louwes te Zoutkamp, een totale maximale capaciteit van 5500 m³/min worden ingezet (Waterschap Noorderzijlvest, 2003). Deze gemalen worden ingezet bij een waterstand van NAP – 0,83 m te Lammerburen. Ongeveer 70 dagen per jaar kan er door hoge waterstanden op de Waddenzee niet of onvoldoende worden gespuid. Het Lauwersmeer fungeert dan als bergboezem voor het achterland. De waterkwaliteit van het Lauwersmeer wordt beschreven in Bijlage E.

5.2 Effecten klimaatverandering

De aanhoudende zeespiegelstijging leidt tot hogere waterstanden op de Waddenzee. De consequentie is ten eerste een verhoogde kans op overstromingen vanuit de Waddenzee en ten tweede een afname van de lozingscapaciteit van het spuicomplex te Lauwersoog.

Wanneer de waterstand op de Waddenzee hoger is dan de waterstand in het Lauwersmeer, kan er dus niet gespuid worden. In beginsel is dit geen probleem, aangezien het Lauwersmeer een grote hoeveelheid water kan bergen. Echter, doordat de spuiperioden steeds korter worden en de intensiteit van de neerslag zal toenemen, gaat dit leiden tot te hoge waterstanden op het Lauwersmeer. Verwacht wordt dat rond 2030 structurele afvoer- en veiligheidsproblemen zullen optreden.

Daarnaast wordt er in het beheergebied van Noorderzijlvest en op de Waddenzee naar gas geboord met bodemdaling tot gevolg. Door het dalen van de bodem en het stijgen van de zeespiegel, ook wel relatieve zeespiegelstijging genoemd, wordt het korter worden van spuiperioden versterkt.

6. Deelvraag 1 Karakteristieken schademodelen

Om de economische schade als gevolg van overstromingen te kwantificeren worden modellen gebruikt. Op dit moment worden in Nederland twee schademodelen toegepast, namelijk 'Hoogwater Informatie Systeem-Schade en Slachtoffer Module' (HIS-SSM) ontwikkeld door Deltares en de 'WaterSchadeSchatter' (WSS) ontwikkeld door de adviesbureaus Nelen & Schuurmans en Deltares. De modellen hebben elk een andere aanpak om de schade (uitgedrukt in geldeenheden) te schatten, echter zijn er ook overeenkomsten. In dit hoofdstuk wordt de volgende vraag uiteengezet:

Wat zijn de karakteristieken van de modellen die in Nederland gebruikt worden voor het schatten van de schade als gevolg van een overstroming?

6.2 WaterSchadeSchatter

In het verdere verloop van dit rapport wordt voor dit model de afkorting WSS gebruikt. Dit model is gebouwd door Nelen & Schuurmans en Deltares en heeft nog geen lange geschiedenis, aangezien deze in 2013 in gebruik is genomen. De WSS is tot stand gekomen als gevolg van discussies over de risico's van wateroverlast door extreme neerslag. Deze discussies hebben geleid tot een normenstelsel voor regionale overlast; variërend van 1x10 jaar voor grasland tot 1x100 jaar voor stedelijk gebied (STOWA, 2013). De WSS is ontwikkeld met als doel het creëren van een praktisch toepasbaar en breed gedragen standaard schademodel voor regionale wateroverlast die op een betrouwbare wijze kan bijdragen aan kosten-batenanalyses van verbeteringsmaatregelen (STOWA, 2013). Hieronder wordt kort uiteengezet hoe de WSS werkt en welke data deze gebruikt.

De software applicatie en documentatie zijn volledig web-based gemaakt en draait via internet op een server in Amsterdam. Dit maakt de WSS gebruiksvriendelijk en een voordeel is dat ieder die een berekening uitvoert altijd de laatste data en versie van het model gebruikt. Vóór de start van het project zijn verschillende randvoorwaarden en uitgangspunten geformuleerd waaraan de WSS moest voldoen (zie Bijlage F).

6.2.1 Inhoudelijke beschrijving WSS

Hieronder wordt kort uiteengezet hoe het model is opgebouwd. De informatie is afkomstig uit de gebruikershandleiding WSS van de STOWA (2013). Voor meer informatie over bijvoorbeeld de totstandkoming van de schadebedragen of een meer gedetailleerde beschrijving van de werkwijze, wordt naar Bijlage F of de gebruikershandleiding verwezen.

De WSS rekent de inundatiedieptes uit met behulp van het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN). In het schademodel wordt voor nagenoeg heel Nederland gebruik gemaakt van de gefilterde AHN2 rasterbestanden van 0,5 x 0,5 meter. De ongefilterde bestanden geven namelijk niet de eigenlijke terreinhoogte weer, maar ook bomen, gebouwen, auto's etc. Voor elke pixel wordt de schade bepaald door de som van de directe en indirecte schade te nemen. Vervolgens worden alle pixels in het betreffende gebied bij elkaar opgeteld en hieruit volgt de totale schade van de wateroverlast.

Samengestelde landgebruikkaart

Verder legt de STOWA (2013) in haar handleiding uit dat de WSS gebruik maakt van een speciaal samengestelde landgebruikkaart op dezelfde pixel resolutie als de hoogtekaart. Door deze landgebruikkaart wordt voldoende onderscheid gemaakt in de categorieën en bijbehorende schadebedragen. De samengestelde kaart bestaat uit de volgende vier kaarten (zie Bijlage F):

1. Het BAG register
2. De TOP10NL
3. De LGN6
4. CBS bodemgebruik

Directe schade

De directe schade van wateroverlast in de WSS ontstaat door direct contact met het oppervlaktewater. Deze schade is afhankelijk van de inundatiediepte, de duur van de wateroverlast en het seizoen waarin de overlast optreedt.

Ten eerste, de inundatiediepte, deze heeft met name invloed op de inventaris van gebouwen. Hoe hoger het water, hoe meer inventaris getroffen worden en dus hoe hoger de schade. Ten tweede, de duur van de wateroverlast, die voor de directe schadeberekening voornamelijk van belang is voor de gewassen en wegen. Als laatste de periode van de overlast, deze is alleen van belang voor gewassen. Afhankelijk van de maand in het jaar, bijvoorbeeld groeiseizoen, is er meer of minder schade.

Indirecte schade

De indirecte schade van wateroverlast in de WSS is simpel gezegd, de schade die ontstaat door directe schade. Bijvoorbeeld doordat in de dagen na een wateroverlastgebeurtenis een gebouw met een winkelfunctie gedurende herstelwerkzaamheden gesloten is. De misgelopen omzet min kosten wordt dan de indirecte schade, afhankelijk van de duur van de herstelwerkzaamheden. De indirecte schadeberekening is afhankelijk van de hersteltijd van wegen en bebouwing.

Schadebedragen

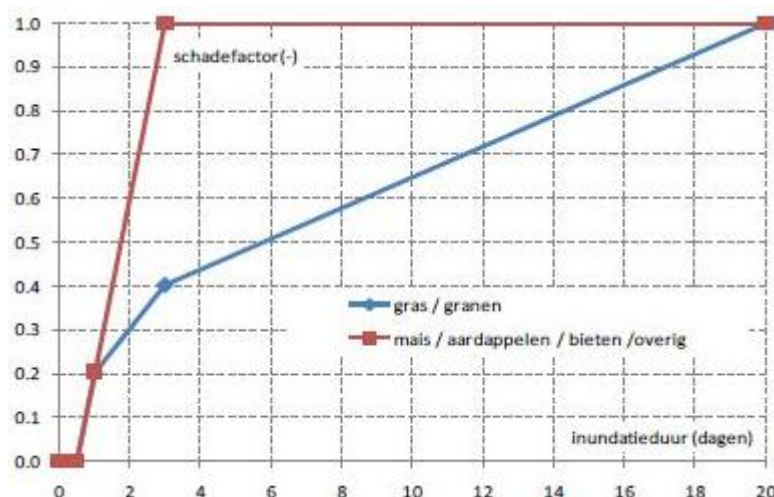
De totale schade wordt berekend met de volgende formule:

$$\text{Schade} = \text{max. directe schade} * \gamma_{\text{diepte}} * \gamma_{\text{duur}} * \gamma_{\text{seizoen}} + \text{indirecte schade per dag} * \text{hersteltijd} \quad (1)$$

Waarin,

y_{diepte} = schadefactor voor de inundatiediepte
 y_{duur} = schadefactor voor de inundatieduur
 $y_{seizoen}$ = schadefactor afhankelijk van seizoen

De vaststelling van de schadefactoren inundatiediepte, duur en seizoen (vergelijking 1) wordt gedaan aan de hand van zogeheten schadefuncties, wederom per categorie. Een voorbeeld van een dergelijke schadefunctie is weergegeven in Figuur 4. In dit figuur is de relatie tussen de schadefactor en de inundatieduur voor gewassen vastgesteld.



Figuur 4: Schadefactor uitgezet tegen de inundatieduur voor gewassen

Verder wordt in de WSS gerekend met gemiddelde, minimum en maximum schadebedragen per categorie. In Tabel 2 staat een voorbeeld van de categorie bebouwing met een woonfunctie:

Tabel 2: Gemiddelde, minimale en maximale schadebedragen voor bebouwing met woonfunctie (WSS)

Schade bebouwing woonfunctie	Directe schade	Indirecte schade
Gemiddeld	€ 250 m ⁻²	€ 10 m ⁻² dag ⁻¹
Minimum	€ 150 m ⁻²	€ 5 m ⁻² dag ⁻¹
Maximum	€ 350 m ⁻²	€ 15 m ⁻² dag ⁻¹

Met deze drie bedragen kan de onzekerheid in de schadebedragen inzichtelijk gemaakt worden en kan er een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd worden voor de totale berekende schade.

6.3 Hoogwater Informatie Systeem-Schade en Slachtoffer Module

In het verdere verloop van dit rapport wordt de afkorting HIS-SSM gebruikt. De HIS-SSM is een (computer)model ontwikkeld door Deltares, waarmee de verwachte schade en het verwachte aantal slachtoffers als gevolg van een overstroming in een bepaald gebied berekend kunnen worden (Groot Zwaaftink & Dijkman, 2007). Het model is in 2000 ontwikkeld en is door de jaren verder doorontwikkeld. De HIS-SSM is gebaseerd op de zogenaamde Standaardmethode (Kok, Huizinga, Vrouwenvelder, & van den Braak, 2005). Het model fungeerde als basis voor verschillende maatschappelijke kosten-batenanalyses en wordt gebruikt in discussies over verzekerbaarheid van overstromingsrisico's. Hieronder is kort uiteengezet hoe de HIS-SSM werkt en welke data deze

gebruikt. Informatie is afkomstig uit de Standaardmethode van Kok et al. (2005), de gebruikershandleiding van Groot Zwaftink & Dijkman (2007) en de MKBA WV21 van Kind (2011).

De verwachte schade in een getroffen gebied hangt af van vele factoren. Elk gebied heeft specifieke kenmerken, bijvoorbeeld veel natuur, veel bebouwing, hoge bevolkingsdichtheid etc. Voor het bepalen van de schade wordt in HIS-SSM dan ook gerekend met behulp van verschillende geïntegreerde bestanden met diverse geografisch georiënteerde gegevens, bijvoorbeeld over economie, verkeer, bebouwing en bevolking.

6.3.1 Inhoudelijke beschrijving HIS-SSM

Het model is in staat om voor een bepaalde casus (in dit rapport het Lauwersmeergebied) de directe en indirecte economische schade te bepalen, maar ook het verwachte aantal (dodelijke) slachtoffers. Het streven is om alle niet-geprijsde schade zoveel mogelijk in geld uit te drukken. Dit is een moeilijke opgave en hier bestaat dan ook nog altijd veel discussie en onzekerheid over. In Bijlage G is de werkwijze van de module beschreven. Hieronder worden drie types van economische schade onderscheiden (1) de directe materiële schade, (2) de directe schade als gevolg van bedrijfsuitval en (3) de indirecte schade:

- 1) De schade die optreedt aan roerende en onroerende goederen door direct contact met water.
- 2) Verlies aan toegevoegde waarde die ontstaat als gevolg van de productiestilstand na de overstroming.
- 3) Deze bestaat uit twee posten:
 - a) De schade bij toeleverende en afnemende bedrijven buiten het gebied vanwege het (deels) wegvallen van omzet of toeleveringen.
 - b) De schade vanwege het doorsnijden van aan- en afvoerroutes. Dit wordt geraamd op basis van reistijdverlies veroorzaakt door het omrijden langs niet-overstroomde (en mogelijk zwaar overbelaste) routes.

Schadebedragen

De HIS-SSM berekent de waterstanden en bijbehorende schade aan de hand van schadetabellen/functies en (landgebruik) kaarten die een resolutie hebben van 100 x 100 meter. Meer gedetailleerde kaarten zullen dan ook opgeschaald worden naar deze resolutie. De gebruikte formule voor het berekenen van de schade is:

$$S = \sum_{i=1}^n \alpha_i n_i S_i \quad (2)$$

Waarin,

S = totale schade

α_i = schadefactor categorie i

n_i = aantal eenheden in categorie i

S_i = maximale schade per eenheid in categorie i

Bij het berekenen van de economische schade en slachtoffers (vergelijking 2) wordt net zoals bij de WSS gebruikt gemaakt van diverse schadefuncties en schadebedragen¹.

Wegingset

Verder maakt HIS-SSM gebruik van één database, waarin meerdere wegingsets zijn opgenomen. Een wegingset is een verzameling van wegingsfactoren (vermenigvuldigingsfactoren). Met een wegingsfactor kan de grootte van de schadebedragen per categorie worden gevarieerd. In de Standaardmethode van Kok et al. (2005) dienen de wegingsfactoren voor directe schade altijd de waarde 1 te hebben en voor de indirecte schade een waarde van 0,25.

Slachtoffers

Tevens houdt de HIS-SSM rekening met het verwachte aantal slachtoffers ten gevolge van een overstroming. De schade- en slachtofferfuncties leggen een relatie tussen waterdiepte, stroomsnelheid, stijgsnelheid en de optie hoogbouw veilig enerzijds en het schadebedrag of het aantal slachtoffers anderzijds. Daarnaast wordt bij het bepalen van het aantal slachtoffers en bij het bepalen van de schade aan voertuigen, rekening gehouden met de mogelijkheden van preventieve evacuatie en bevolkingsdichtheid.

6.4 Verschillen WSS en HIS-SSM

De beide schademodelen volgen niet exact dezelfde werkwijze. Desondanks heeft men als standpunt ingenomen dat de uiteindelijk berekende schade in beide modellen bij voorkeur consistent aan elkaar moeten zijn. Vreeken (2013) heeft in zijn rapport aangetoond dat er wel degelijk verschillen zijn in de uitkomsten op één en dezelfde case. De afwijkingen worden veroorzaakt door variabelen in de modellen zelf, soort case, omvang overstroming etc. In Tabel 3 worden de belangrijkste verschillen in kaart gebracht.

Tabel 3: Verschillen tussen WSS en HIS-SSM

Beschrijving	WSS	HIS-SSM
Rastergrootte	0,5 m x 0,5 m	100 m x 100 m
Directe schade <i>Focus op:</i>	Inundatiediepte Inundatieduur Inundatieperiode - - - - Herstelkosten	Inundatiediepte - - Slachtoffers Stroomsnelheid Stijgsnelheid Verlies toegevoegde waarde als gevolg van productiestilstand Maximale schade bedragen gebaseerd op vervangingswaarde
Indirecte schade <i>Focus op:</i>	Duur herstelwerkzaamheden	Schade aan toeleverende- en afnemende bedrijven

¹ Let wel, de schadefuncties en schadebedragen zijn in beide modellen niet hetzelfde.

	Mislopen van omzet	Schade vanwege doorsnijden van aan- en afvoer routes
Onderscheid categorieën	Meer onderscheid landbouw en gewassen	Meer onderscheid woon- en bedrijfsfuncties
Aanpassings mogelijkheden	Makkelijk aan te passen	Standaardmethode <u>niet</u> aan te passen. Meer kennis nodig om model aan te passen / anders te definiëren.
Soort overstroming	Regionale wateroverlast	Grootschalige overstroming
Overig	Vrij toegankelijk Web-Based Gebruiksvriendelijk Verschillen landgebruikkaart Minimale/gemiddelde/maximale schadebedragen	<u>Niet</u> vrij toegankelijk - Ingewikkelder Verschillen landgebruikkaart Gebruik wegingset

7. Deelvraag 2 Invloeden op omvang economische schade

Zoals eerder is vermeld, hangt de schade af van een groot aantal factoren. In dit hoofdstuk worden de meest belangrijke factoren achtereenvolgens in kaart gebracht die invloed hebben op de hoogte van de verwachte waterschade. Met behulp van deze factoren wordt meer inzicht verkregen in de onzekerheid van de uiteindelijke berekende schade. De onderzoeksvraag die hierbij centraal staat is:

Welke factoren/onzekerheden hebben invloed op de economische schade in het algemeen?

Landgebruik

Eén van de belangrijkste factoren die invloed heeft op de schade is landgebruik. In een economisch belangrijk stedelijk gebied zal de schade hoger uitvallen dan in een natuurlijk landschap. De directe schade en indirecte schade in een stedelijk gebied is vele malen groter dan in een natuurlijk landschap. Bij directe schade kan gedacht worden aan schade aan gebouwen en wegen. Indirecte schade kan worden opgelopen als gevolg van het doorsnijden van aan- en afvoer routes en het mislopen van omzet. Er moet echter wel een kanttekening bij geplaatst worden. Niet alles is uit te drukken in geldeenheden, bijvoorbeeld de natuur. De natuur heeft niet zozeer een economische waarde, maar wel degelijk een maatschappelijke waarde. De case die in dit rapport wordt behandeld heeft betrekking op het Lauwersmeergebied, waar het hoofdzakelijk over natuurgebied gaat. In hoofdstuk 10 wordt hier verder op in gegaan.

Inundatieduur / periode / diepte

Deze factoren zijn in hoofdstuk 6 al aan de orde geweest. Hieronder wordt dit verder toegelicht.

Om te beginnen de inundatieduur. De inundatieduur is met name voor gewassen een belangrijke factor in de uiteindelijke economische schade. Wanneer voor een langere periode water op het land staat, verdrinken de gewassen. Daarnaast heeft dit invloed op de hersteltijd voor wegen en bebouwing. Een gebouw kan afhankelijk van de inundatieduur zijn functie niet vervullen (bv. een winkel) en loopt hierbij de nodige schade op. Een ander voorbeeld is een belangrijke aan- en afvoerroute die niet gebruikt kan worden waardoor indirecte schade ontstaat voor bijvoorbeeld toeleverende en afnemende bedrijven.

Als tweede, de inundatieperiode. Deze is ook met name voor gewassen een invloedrijke factor. In het zaai- en oogst seizoen zal de schade het grootst zijn, echter in andere perioden kan wateroverlast ook schade aan het land toebrengen in de vorm van verslemping, uitspoeling van nutriënten etc.

Als derde, de inundatiediepte. In de MKBA WV 21^e eeuw (Kind, 2011) wordt verondersteld dat de schade toeneemt met de hoogte van de dijk, dit is mede gelet op de inundatiediepte na een overstroming. Logischerwijs, hoe hoger de inundatiediepte hoe groter de schade. Hier zit echter wel een grens aan. Gedacht kan worden aan schade aan inventaris in huizen of bedrijven. Voor gewassen maakt het geen wezenlijk verschil of er nu een 10 cm of 100 cm water op het land staat, de schade blijft nagenoeg gelijk (STOWA, 2013).

Aantal slachtoffers

Het aantal slachtoffers in een gebied als gevolg van een overstroming is van groot belang voor de berekening van de schade. Zo wordt in MKBA WV 21^e eeuw (Kind, 2011) een mensenleven gewaardeerd op 6,7 miljoen euro. Echter, de schattingen in de literatuur tonen een bandbreedte van 1,4 miljoen tot 11,3 miljoen euro. De aanname die hiervoor gedaan wordt is dus onzeker en daarmee ook de uitkomst van de berekende schade.

Het aantal verwachte slachtoffers is, ten eerste, afhankelijk van het inwoneraantal en de bevolkingsdichtheid in het gebied. Logischerwijs, meer mensen in het gebied betekent meer potentiële slachtoffers. Ten tweede, er wordt in de MKBA WV 21^e eeuw verondersteld dat het aantal slachtoffers ook afhankelijk is van de evacuatiefracties. Grootschalige evacuaties kunnen in dichtbevolkte gebieden, zoals bijvoorbeeld in Noord- en Zuid-Holland niet vlekkeloos uitgevoerd worden. Technisch gezien is dit namelijk niet mogelijk ten gevolge van de ontoereikende wegcapaciteit (Kolen & Helsloot, 2012). Ten derde, het tijdsaspect, deze is voornamelijk van belang voor een evacuatie. Een langere tijd tussen een waarschuwing op overstroming en de daadwerkelijke overstroming zelf heeft een positief effect op het reduceren van het aantal slachtoffers. Het is vanzelfsprekend dat in een langere tijdsperiode meer mensen hetzelfde gebied kunnen verlaten dan in een kortere tijdsperiode. Verder heeft het tijdstip van de overstroming effect. Op klaarlichte dag is een evacuatie beter te coördineren dan 's nachts in het donker. Als laatste, de stijgsnelheid, hoe sneller het water stijgt hoe minder tijd mensen hebben om te vluchten of een hoger gelegen plek op te zoeken.

Risicoperceptie

De risicoperceptie van burgers ten aanzien van een overstroming is over het algemeen laag. Men maakt zich niet of nauwelijks zorgen om een overstroming, omdat men het niet waarschijnlijk acht dat een overstroming hen zal treffen (Baan, 2008). De overheid en gemeenten worden veelal verantwoordelijk gehouden om mensen voor te bereiden op een overstroming. Vandaar ook dat slechts een enkeling van plan is om zich in de toekomst op overstromingen voor te bereiden. Terpstra (2009), Baan (2008) en Wesselink (2007) concluderen elk afzonderlijk van elkaar dat deze lage risicoperceptie verklaard kan worden door verschillende factoren:

- ❖ Het huidige hoge beschermingsniveau;
- ❖ Afwezigheid van grote overstromingen;
- ❖ Communicatie vanuit de overheid over de sterkte van de waterkeringen;
- ❖ Groot vertrouwen in de kwaliteiten van de waterbeheerders om waterkeringen te bouwen en te onderhouden;

- ❖ Gebrek aan communicatie over de gevolgen van een overstroming.

Deze lage risicoperceptie houdt ook in dat als er wel schade optreedt door een overstroming of wateroverlast, deze hoger uitvalt dan wanneer de risicoperceptie hoog is. Gedacht kan worden aan het gebruik van zandzakken bij huis, uitzoeken van evacuatie routes etc.

Stroomsnelheid

Tijdens een overstroming is de stroomsnelheid een invloedrijke factor in de uiteindelijke economische schade. Bij een lage stroomsnelheid zullen gebouwen niet direct instorten waardoor de schade 'beperkt' blijft. Vreeken (2013) concludeert in zijn onderzoek dat stroomsnelheid in het HIS-SSM model een significante invloed heeft op de economische schade.

Bresgroei

Een onzekerheid die betrekking heeft op de daadwerkelijke overstroming is de bresgroei. Uit diverse publicaties waaronder die van Pleumeekers & Verbree (2010) blijkt dat de aannames voor bresgroei in een overstromingsmodel grote invloed hebben op de uitkomst van de overstromingsberekening en de daarop volgende schade. De snelheid waarmee de bres groter wordt is afhankelijk van de stroomsnelheid en materiaal van de dijk. Er is echter nog weinig bekend over het begin van de bresgroei door tekort aan bruikbare meetdata.

Economische situatie

Zoals hierboven geïmpliceerd, heeft de economische situatie in het gebied effect op de schade. Veranderingen op economisch gebied, zoals economische groei of krimp hebben respectievelijk een 'negatieve' of 'positieve' consequentie op de schade. Met negatief wordt een verhoging van de schade bedoeld en met positief een verlaging van de schade. In de MKBA WV21^e eeuw wordt aangeraden om te rekenen met verschillende economische scenario's.

Klimaatverandering

Klimaatverandering (zeespiegelstijging, extreme neerslaghoeveelheden etc.) heeft bij ongewijzigd beleid gevolgen voor de waterhuishouding in een gebied. Als er geen maatregelen genomen worden, zullen er in de toekomst steeds vaker situaties met wateroverlast/overstromingen voorkomen. De economische schade loopt op door de toename in frequentie en de intensiteit van de wateroverlast.

8. Deelvraag 3 Schadeanalyse WSS en HIS-SSM

In deelvraag 1 is uiteengezet hoe de schademodelen zijn opgebouwd, op welke wijze deze functioneren en wat de overeenkomsten/verschillen zijn. Uit het rapport van Vreeken (2013) volgt dat de schademodelen niet alleen verschillend zijn, maar dat deze ook andere uitkomsten genereren. In dit hoofdstuk wordt het resultaat gegeven van de schadeanalyse gericht op het Lauwersmeergebied met achtereenvolgens de WSS en de HIS-SSM. Dit wordt gedaan aan de hand van drie scenario's verwerkt in de hieronder staande vraag:

Wat is de omvang van de schade in het Lauwersmeergebied berekend met de schademodelen HIS-SSM en de WSS, als gevolg van gesloten spuisluizen en maximale lozing op het Lauwersmeer, na 48, 72 en 96 overstromingsuren?

Problemen met hoogwater op het Lauwersmeer ontstaan door drie factoren.

- 1) Natte voorgeschiedenis, dus verzadigde bodem
- 2) Veel neerslag in korte tijd
- 3) Noordwesterstorm, die voor flinke windopzet (opstuwing) zorgt in de Waddenzee

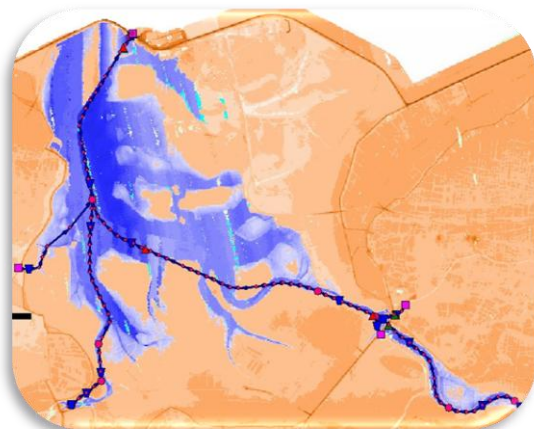
Een hoge neerslagintensiteit en het niet kunnen infiltreren van water in de bodem, veroorzaken een grote afvoer vanuit de Elektraboezem en Friesland. Zodra de waterstand op de Elektraboezem ongeveer tien centimeter is gestegen ten opzichte van het streefpeil van NAP -0,93 m, wordt de boezem gescheiden van het Lauwersmeer en treden de gemalen (de Waterwolf en H.D Louwes) in werking. Als dit water niet geloosd kan worden op de Waddenzee stijgt het waterpeil in het Lauwersmeer. Dit is voor een korte periode geen probleem, aangezien er buffer is om overtollig water vast te houden. Een noordwesterstorm kan er echter voor zorgen dat er lange tijd niet gespuid kan worden, omdat het zeewaterpeil gewoonweg te hoog blijft. In deze situatie stijgt het waterpeil tot alarmerende hoogtes.

8.1 Simuleren overstroming

De eerste stap in de schadeanalyse is het simuleren van een overstroming. Dit is gedaan aan de hand van het Sobek 1D/2D model van Deltares. De randvoorwaarden die ten grondslag liggen aan de overstromingssimulatie zijn als volgt:

- ❖ *De grote gemalen die lozen op het Lauwersmeer werken op volledige capaciteit, namelijk 'de Waterwolf' ($4500 \text{ m}^3/\text{min}$), 'H.D. Louwes' ($1000 \text{ m}^3/\text{min}$) en gemaal 'Dongerdielen' ($912 \text{ m}^3/\text{min}$);*
- ❖ *De spuisluizen bij Lauwersoog zijn gesloten;*
- ❖ *Sluis Dokkumer Nieuwe Zijlen is gesloten;*
- ❖ *Chézy coëfficiënt van $45 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$;*
- ❖ *Hoogtekaart Lauwersmeergebied.*

Een belangrijk punt in Figuur 5 is de hoogtekaart, aangeleverd door het waterschap, in de vorm van een ASCII grid. Deze komt na analyse niet geheel meer overeen met de werkelijke (kade)hoogten in het gebied. Een betrouwbare schatting over de snelheid waarmee het Lauwersmeer vol- en overstroomt kan hierdoor niet gedaan worden. Ook de aanname met betrekking tot de gekozen Chézy coëfficiënt voor het gehele gebied, speelt hierin een belangrijke rol.

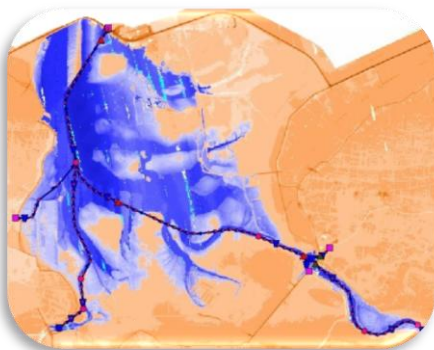


Figuur 5: Uitgangssituatie

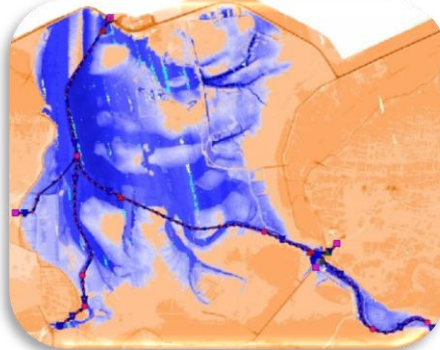
De uitgangssituatie is weergegeven in Figuur 5, hier stroomt het water nog net niet over de kade van het bungalowpark Suyderoogh. Let wel, in deze uitgangssituatie is het Lauwersmeer nog niet geheel gevuld. Dit is gekozen om de economische schade in de uitgangssituatie op €0,- te houden.

Aan de hand van de hoogtekaart berekent Sobek wanneer en op welke plekken het water over de kade stroomt. Er is hierbij geen rekening gehouden met opstuwing door wind op het Lauwersmeer.

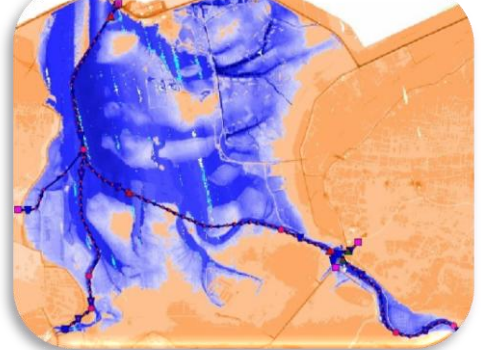
In de figuren 6 t/m 8 is de overstroming visueel gemaakt voor respectievelijk twee, drie en vier dagen van overstromen (drie scenario's) met constante aanvoer van water door de gemalen². De data achter deze kaarten is een ASCII-bestand met de waterdiepten in meter per pixel van 25 m².



Figuur 6: Scenario kort (simulatie 2 dagen)



Figuur 7: Scenario middel (simulatie 3 dagen)



Figuur 8: Scenario lang (simulatie 4 dagen)

8.2 Schadeanalyse WSS

De uitvoer van de overstromingssimulatie in Sobek is een ASCII-grid met waterdiepten in meters. De WSS kan echter alleen rekenen met waterstanden ten opzichte van NAP, hierdoor dient de uitvoer van Sobek te worden omgezet (zie Bijlage H). Bij de invoer van de WSS moeten ook een vijftal aannames worden gedaan. In Bijlage I is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd voor het Lauwersmeergebied die betrekking heeft op deze aannames.

Voor de *inundatieduur* bleek dat deze relatief weinig invloed heeft op het uiteindelijke resultaat. Doordat de overstroming zich langzaam voortbeweegt (er is geen sprake van een dijkdoorbraak), wordt aangenomen dat de *inundatieduur* gelijk is aan het aantal uren van simuleren.

De aanname voor *hersteltijd van wegen* is van zeer groot belang voor de berekening, aangezien er een primaire weg door het gebied loopt. Gekozen kan worden uit 0 uur, 6 uur, 1 dag, 2 dagen, 5 dagen en 10 dagen. In overleg met het waterschap wordt gekozen voor een hersteltijd van 5 dagen bij elk scenario, omdat minder dan 2 dagen gewoonweg te kort, en 10 dagen gewoonweg te lang is voor deze overstroming.

Voor de *hersteltijd bebouwing* kan ook gekozen worden uit dezelfde waarden als van de *hersteltijd van wegen*. Er wordt gekozen om voor scenario 'kort' en 'middel' 5 dagen hersteltijd te nemen en voor scenario 'lang' 10 dagen. In scenario 'lang' worden meer huizen getroffen en blijft het water ook langere tijd staan, 5 dagen hersteltijd is hier te kort.

Verder wordt in de WSS gevraagd naar de maand van overstromen. In de gevoeligheidsanalyse komt naar voren dat de *maand* van overstromen in dit gebied nauwelijks van invloed is op de totale schade, omdat er relatief veel natuur is en weinig landbouw. Gekozen wordt voor de *maand* september, omdat dit de maximale schade aan landbouw laat zien.

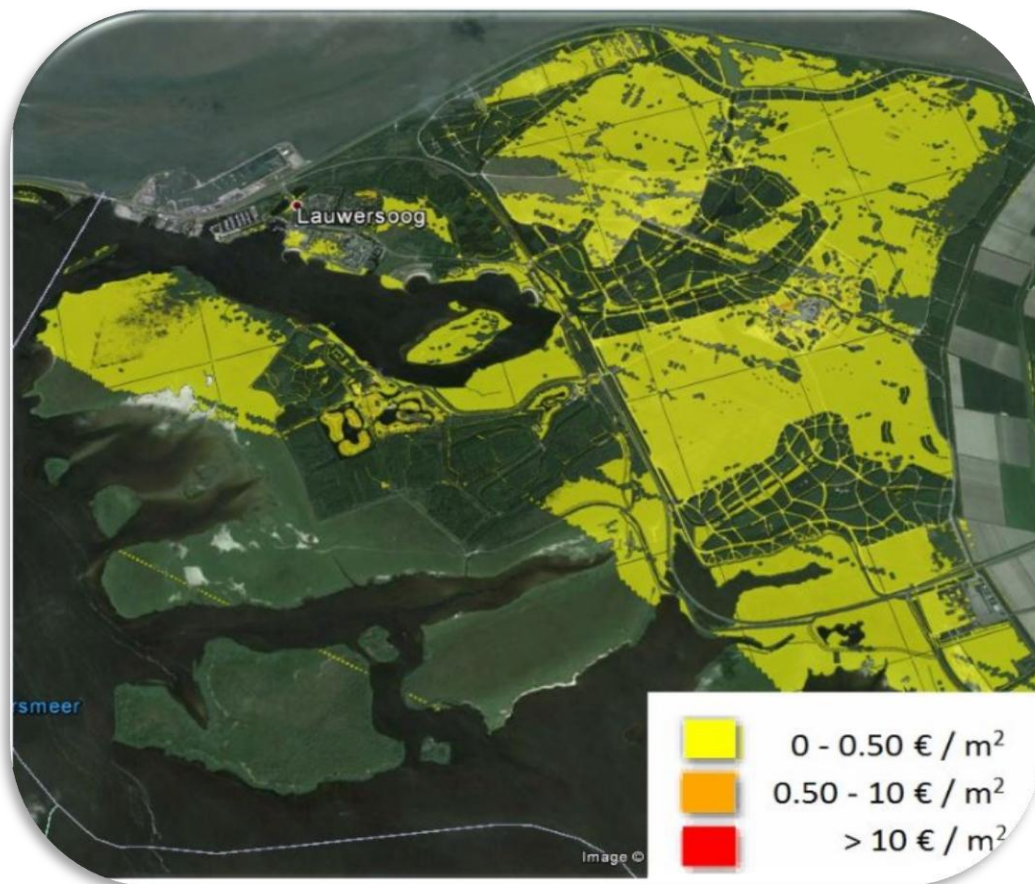
² Let op: Dit zijn het aantal dagen waarmee in Sobek is gesimuleerd. Over de snelheid van overstromen en duur tot de overstroming ook daadwerkelijk plaatsvindt, kan geen betrouwbare schatting voor worden gegeven. Het wordt hier gebruikt om de verschillende scenario's aan te duiden.

Als laatste wordt de gevoeligheid van de *schadebedragen en functies* nog gedemonstreerd door te variëren met minimale, gemiddelde en maximale waarden.

Samengevat, in Tabel 4 zijn de uitkomsten van de WSS getoond met bijbehorende aannames. In Figuur 6 is een visualisatie weergegeven van de schade die betrekking heeft op scenario lang.

Tabel 4: Resultaat schademodel WSS

Beschrijving	Scenario <u>kort</u>	Scenario <u>middel</u>	Scenario <u>lang</u>
Inundatieduur: Hersteltijd wegen: Hersteltijd bebouwing: Maand: Schadebedragen/functies:	48 uur 5 dagen 5 dagen September Gemiddeld	72 uur 5 dagen 5 dagen September Gemiddeld	96 uur 5 dagen 10 dagen September Gemiddeld
	Schade	Schade	Schade
Woonfunctie	€2.087.962	€2.088.217	€3.511.636
Industriefunctie	€305.898	€306.720	€503.448
Kantoorfunctie	€124	€7.209	€280.139
Logiesfunctie	-	€1.439	€87.121
Bijeenkomstfunctie	€193	€193	€749
Sportfunctie	€14	€1.825	€17.956
Overig kleiner dan 50 m ²	€94.695	€104.311	€137.641
Overig groter dan 50 m ²	€1.146.147	€1.269.946	€2.502.725
Primaire wegen	€6.250.140	€6.250.212	€8.750.456
Secundaire wegen	€2.445.822	€2.860.167	€3.263.133
Tertiaire wegen	€39.997	€51.979	€67.369
Begraafplaats	€79	€86	€97
Agrarisch gras	€69.556	€97.469	€122.281
Maïs	€3.200	€7.637	€11.620
Aardappelen	€26.321	€61.890	€87.418
Bieten	€61.194	€132.362	€169.647
Granen	€23.264	€40.155	€54.630
Overige Akkerbouw	€82.394	€123.220	€169.384
Gras overig	€323.490	€513.779	€706.052
Woongebied	€436	€683	€947
Winkelgebied	-	-	-
Bedrijventerrein	€8.026	€9.315	€10.541
Sportterrein	€125	€678	€1.233
Recreatieterrein	€14.065	€150.884	€17.159
Totaal <u>gemiddeld</u>	€12.983.153	€13.944.582	€20.473.386
Totaal <u>minimaal</u>	€4.776.544	€5.401.769	€8.099.333
Totaal <u>maximaal</u>	€23.592.683	€25.332.012	€36.542.261



Figuur 6: Schade scenario lang WSS

8.3 Schadeanalyse HIS-SSM

De uitvoer van Sobek kan rechtstreeks in de HIS-SSM ingevoerd worden (waterstanden in combinatie met bodemhoogte is ook mogelijk). Verder kunnen er nog aannames gedaan worden met betrekking tot de *stroomsnelheid*, *stijgsnelheid*, *evacuatiefactor*, *hoogbouw veilig* en *prijspeil*.

In deze casus gaat het om een overstroming die zich relatief langzaam voortbeweegt. Het water in het Lauwersmeer stijgt tot het op een gegeven moment over de kade stroomt. Omdat er in deze casus geen sprake is van een dijkdoorbraak of een groot hoogteverschil zijn de stroom- en stijgsnelheden laag. In de gevoeligheidsanalyse uit Bijlage K, is geconcludeerd dat de *stroomsnelheid* tot 2 m/s geen invloed heeft op de omvang van de schade. Verder is geconcludeerd dat de *stijgsnelheid* in deze casus geen invloed heeft op het aantal slachtoffers, omdat de waterdiepte slechts enkele decimeters bedraagt. De *evacuatiefactor* heeft een waarde 1, dit betekent dat alle mensen in het getroffen gebied voortijdig het gebied hebben verlaten. Deze waarde is gekozen omdat de overstroming niet plotseling plaatsvindt, men heeft ruim voldoende tijd om het gebied te verlaten. Er wordt gekozen om de optie *hoogbouw veilig* uit te zetten, mede omdat er geen hoogbouw is in het studiegebied en dus ook geen invloed heeft. Als laatste wordt het *prijspeil* van het jaar 2014 gehanteerd

In Tabel 5 zijn de uitkomsten van de HIS-SSM getoond met de volgende aannames voor elk scenario:

- ❖ Stroomsnelheid: <2 m/s
- ❖ Stijgsnelheid: 0 – 10 m/uur
- ❖ Evacuatiefactor: 1 (-)
- ❖ Hoogbouw veilig: Nee
- ❖ Gehanteerd prijspeil: 2014

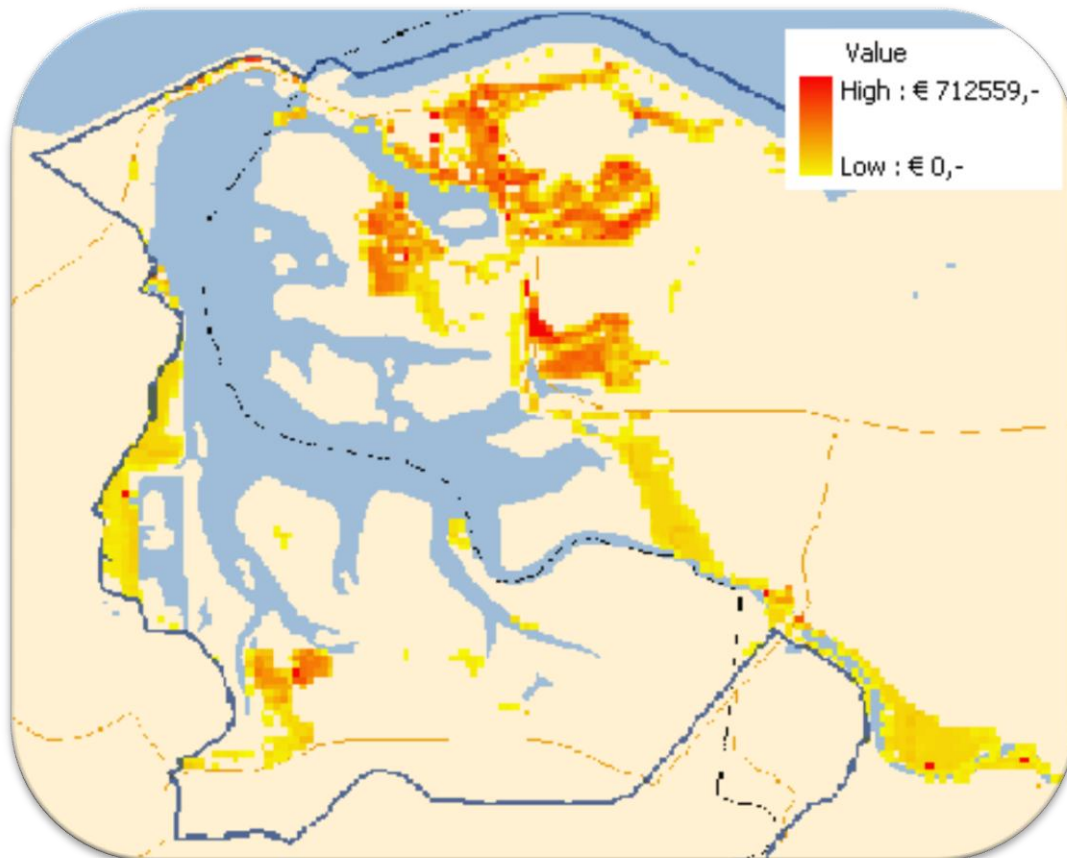
In Tabel 5 staan alleen de schadecategorieën en schadebedragen die ook daadwerkelijk een waarde groter dan nul hebben (zie ook Figuur 7). Een gedetailleerder resultaat is weergegeven in Bijlage L.

Tabel 5: Resultaat schademodel HIS-SSM

Beschrijving		Scenario <u>kort</u>	Scenario <u>middel</u>	Scenario <u>lang</u>
Aantal inwoners in beschouwd gebied:		514	514	514
Aantal evacués uit beschouwd gebied:		514	514	514
Aantal inwoners in overstroomd gebied		11	11	100
	Soort schade	Schade	Schade	Schade
Landbouw	Direct	€2.883.392	€3.616.779	€4.082.431
Stedelijk gebied	Direct	€1.210.349	€2.799.987	€3.398.596
Recreatie extensief ³	Direct	€3.899.062	€15.098.613	€26.459.598
Recreatie intensief ⁴	Direct	€4.102.112	€4.981.542	€6.166.221
Autowegen	Direct	€778.647	€1.099.549	€1.596.801
Overige wegen	Direct	€541.594	€711.315	€946.463
Gemalen	Direct	€1.506.477	€1.760.843	€1.989.575
Eengezinswoningen	Direct	€282.872	€298.698	€1.142.111
Handel/ horeca	Direct	€49.876	€49.876	€55.418
Transport/communicatie	Direct	€90.252	€103.711	€103.711
Banken/verzekeringen	Direct	€10.688	€10.688	€11.875
Overheid	Direct	€14.250	€14.250	€15.834
Landbouw	Indirect	€778.516	€976.530	€1.102.256
Handel/horeca	Indirect	€2.182	€2.182	€2.425
Transport/communicatie	Indirect	€380	€448	€448
Banken/verzekeringen	Indirect	€208	€208	€231
Overheid	Indirect	€131	€131	€145
Handel/horeca	Bedrijfsuitval	€18.704	€18.704	€20.782
Transport/communicatie	Bedrijfsuitval	€13.478	€15.488	€15.488
Banken/verzekeringen	Bedrijfsuitval	€1.663	€1.663	€1.847
Overheid	Bedrijfsuitval	€2.185	€2.185	€2.428
Totaal		€16.187.017	€31.563.388	€47.114.684
Totaal aantal slachtoffers		0 pers	0 pers	0 pers

³ Recreatie met weinig dynamiek die nauwelijks druk uitoefent op de omgeving. Bijvoorbeeld wandelen, fietsen en kamperen. Er zijn weinig of geen gebouwen nodig en het aantal recreanten (per tijdseenheid of oppervlakte-eenheid) is beperkt.

⁴ Ontspanningsmogelijkheden, meestal op een weinig kwetsbaar terrein, waarvoor veel voorzieningen nodig zijn en waaraan veel mensen tegelijkertijd op dezelfde plek deelnemen. Bijv. verblijven in bungalowpark



Figuur 7: Schade scenario lang HIS-SSM

9. Deelvraag 4 Interpretatie resultaten schadeanalyse

In deelvraag 3 is per model berekend wat de omvang van de totale schade is en uit welke categorieën deze bestaat. De schademodellen geven echter niet hetzelfde totale schadebedrag per scenario. De belangrijkste verschillen worden er in dit hoofdstuk uitgelicht en er wordt getracht een verklaring te geven voor deze verschillen. De onderzoeksvraag die centraal staat in dit hoofdstuk is:

Welke verschillen zitten er in de schade uitkomsten van de modellen voor het Lauwersmeergebied en hoe kunnen deze verklaard worden?

9.1 Belangrijkste verschillen WSS en HIS-SSM

Eén van de doelstellingen van de WSS is dat deze bij voorkeur consistent is met de HIS-SSM. Als gekeken wordt naar Tabel 4 en Tabel 5, blijkt dat dit niet geheel overeenkomt, verrassend is dit echter niet. De WSS gebruikt namelijk weer andere schadecategorieën, schadefuncties en schadebedragen dan de HIS-SSM.

Het grote verschil in de totale schade van de WSS door variatie met *minimale*, *gemiddelde* en *maximale* schadebedragen komt nagenoeg volledig op conto van de categorie 'wegen' en dan vooral door de indirecte schade die betrekking heeft op de primaire weg die door het gebied loopt (N361). De schadebedragen voor deze categorie variëren namelijk van € 50.000 tot € 500.000 per wegvak per dag, ongeacht economische omstandigheden in een gebied. Het aandeel van de categorie 'wegen' in de HIS-SSM is vele malen kleiner. Dit komt waarschijnlijk doordat de indirecte schade en de schade door bedrijfsuitval, door het niet kunnen gebruiken van de N361, voor het Lauwersmeergebied klein

zijn. Ook het feit dat er relatief weinig bedrijven in het gebied gevestigd zijn en de N361 geen belangrijke aan- en afvoerroute is, zorgt ervoor dat de schade aan deze categorie veel kleiner is dan in de WSS.

In Tabel 6 is opnieuw de totale schade weergegeven, maar nu met minimale schadebedragen voor wegen en gemiddelde schadebedragen voor de rest van de schadecategorieën. De keuze hiervoor komt voort uit het feit dat de wegen door het Lauwersmeergebied van minimaal economisch belang zijn en is het aannemelijk dat hierdoor een realistischer beeld van de schade ontstaat.

Tabel 6: Schade WSS / gemiddelde schadebedragen m.u.v. wegen / wegen minimale schadebedragen

	Scenario kort	Scenario middel	Scenario lang
Totale Schade WSS	€ 6.520.653	€ 7.234.582	€ 11.523.385

In de HIS-SSM heeft de categorie ‘recreatie extensief’ een grote invloed (in scenario middel en lang ca. 50%) op de totale economische schade. Aangezien deze categorie een groot aandeel heeft in de totale schade wordt dit verder onderzocht. Groot Zwaartink en Dijkman (2007) geven in de gebruikershandleiding van de HIS-SSM weer dat ‘recreatie extensief’ wordt toegekend aan bos (1) , parken en plantsoenen (2) en sportterreinen (3). Dit wordt toegekend middels de data uit CBS bodemgebruik. Een omschrijving van de subcategorieën is hieronder uiteengezet (Briene, Koppert, Koopman, & Verkennis, 2002):

- 1) **Bossen:** Hiertoe worden gerekend terreinen bezet met bomen en struiken waarbij houtproductie, afscherming (groenstrook), recreatie of een combinatie daarvan, van betekenis is. De kronenprojectie moet minstens 20% bedragen. Dit betekent dat vanuit de lucht gezien minstens 20% van de terreinoppervlakte uit bomen en/of struiken bestaat.
- 2) **Parken en plantsoenen:** Dit zijn terreinen, die voor het publiek zijn opengesteld en die voor meer dan de helft bestaan uit gazons, speel- en ligweiden, paden, bossages, bloemperken, heesterbeplanting en waterpartijen. Ook kunnen aanwezig zijn: speelwerktuigen, verkooppunten, hertenkampen en kinderboerderijen.
- 3) **Sportterreinen:** Hiertoe worden gerekend terreinen voor veldsport incl. draf- en rensport, open en overdekte zwembaden, roeibanen, sporthallen, schaatsbanen, waterskibanen alsmede maneges en provisorisch ingerichte motorcrossbanen. Tot de sportterreinen worden ook de daaraan verbonden terreinen gerekend zoals tribunes en parkeerplaatsen en bosstroken tot ongeveer 6 meter breed langs de terreinen. Van de golfterreinen wordt alleen het open gedeelte, dat meestal met gras is begroeid, tot de sportterreinen gerekend.

Ook is in het rapport van Briene et al. (2002) onderzoek gedaan naar de maximale schadebedragen van de schadecategorie ‘recreatie extensief’. Voor de categorie recreatie (intensief en extensief) is alleen de directe schade van toepassing. Als waarderingsgrondslag voor het bepalen van de directe schade aan de categorie recreatie wordt uitgegaan van de vervangingswaarde. Als indicator zijn daarbij de aanlegkosten per hectare gebruikt, aangevuld met een raming voor de herbouwwaarde van bijbehorende objecten. De directe schade voor de intensieve- en extensieve recreatie is gebaseerd op de kosten die gepaard gaan met het grondwerk, ontsluiting binnen het gebied, riolering, nieuwe aanplant en inrichting (waaronder realisatie van recreatievoorzieningen). De

schadebedragen variëren in de verschillende dijkkringgebieden en naar grondtype. Gemiddeld is de directe schade voor intensieve recreatie € 108.900 per hectare, en voor extensieve recreatie € 88.500 per hectare (Briene et al, 2002). Deze bedragen zijn gebaseerd op het prijspeil in 2000. In de gebruikershandleiding van Groot Zwaartink en Dijkman (2007) wordt een maximaal schadebedrag van € 9 per vierkante meter gebruikt (€90.000 per hectare). De bandbreedte van de categorie recreatie is vastgesteld op +/- 20%.

In het Lauwersmeergebied is 'recreatie extensief' met name van toepassing op de bebossing in het gebied en bedraagt ca. 50% van de totale schade. In scenario lang bedraagt dit bijvoorbeeld ca. 26 miljoen euro aan economische schade. Dit bedrag lijkt echter buitenproportioneel hoog, ook aangezien het hier om een overstroming gaat met relatief lage stroomsnelheden en inundatiediepten. De oorzaak kan liggen in de hoogte van het maximale schadebedrag of in de schadefunctie van recreatie (zie ook Figuur 22).

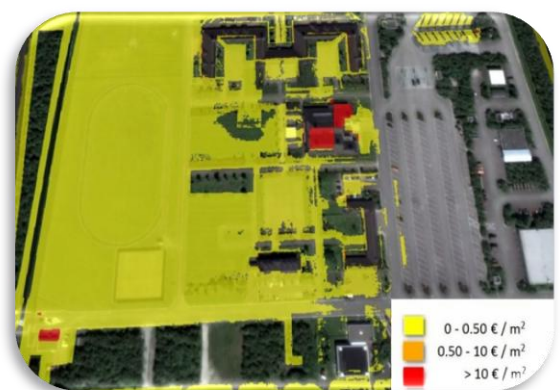
9.2 Verklaring verschillen

De verschillen tussen beide schademodelen worden niet alleen veroorzaakt door de verscheidenheid in schadecategorieën, schadefuncties en schadebedragen, maar ook door bijvoorbeeld het verschil in landgebruikkaarten. Het kan dus voorkomen dat op dezelfde plek in het studiegebied verschillende schadecategorieën worden geïdentificeerd. De WSS maakt bijvoorbeeld meer onderscheid in landbouwcategorieën en de HIS-SSM maakt meer onderscheid in typen bedrijven en huizen (hoofdstuk 6.4).

Een andere belangrijke verklaring voor de verschillen in beide schademodelen zit in het detailniveau. HIS-SSM rekent met een celgrootte van 100 m x 100 m. De celgrootte in het ASCII-bestand met waterdiepten betrof 25 m x 25 m. HIS-SSM schaalt dit op naar 100 m x 100 m volgens een onbekende methode, dit zorgt mede voor de verschillen in schadebedragen. Op sommige oppervlakten in het gebied worden soms wel waterstanden gegenereerd die op een gedetailleerde kaart niet voorkomen en vice versa. In de WSS is de celgrootte 0,5 m x 0,5 m en kan dus veel nauwkeuriger de schade in kaart brengen, echter volgt uit het rapport Vreeken (2013) ook dat de invoer dan ook een hoge mate van detailniveau moet hebben.

9.3 Schade in Lauwersmeergebied

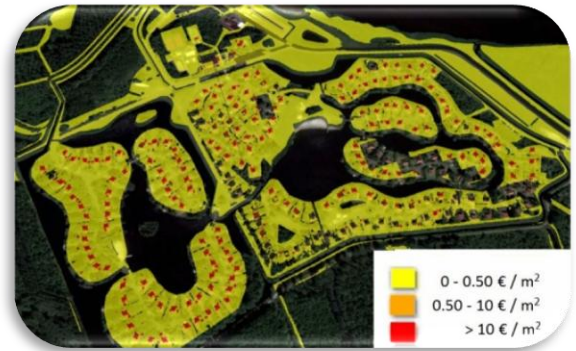
Ten oosten van het Lauwersmeer, in de Marnewaard, waar een groot gedeelte van de overstroming plaatsvindt, werkt defensie. Defensie bemant hier een kazerne en heeft hier een oefendorp gebouwd met vele sensoren in de grond. De schade aan bijvoorbeeld dit oefendorp is hoogstwaarschijnlijk groter, dan hetgeen nu berekend is. Defensie heeft een hoge prioriteit in dit gebied en er zal dus ook gekeken moeten worden naar oplossingen om in ieder geval het oefendorp en de kazerne veilig te stellen. In Figuur 8 is een voorbeeld van de overstroomde kazerne uit de WSS weergegeven.



Figuur 8: Schade Kazerne (WSS)

Daarnaast betreft het schade aan bungalowpark Suyderoogh, met name aan de vakantiehuisjes op het park (Figuur 9).

Verder heeft de overstroming gevolgen voor landbouw en natuur. In hoofdstuk 10 wordt gekeken hoe de schade aan natuur wordt meegenomen in een schadeanalyse.



Figuur 9: Schade bungalowpark Suyderoogh (WSS)

10. Deelvraag 5 Schade aan natuur

In een maatschappelijke kosten-batenanalyse (=MKBA) worden veranderingen in de maatschappelijke welvaart bepaald door ze eerst te kwantificeren en vervolgens zoveel mogelijk te waarderen in monetaire eenheden. Het Lauwersmeer(gebied) heeft naast een functie als bergboezem, om de waterveiligheid te waarborgen, ook een functie als natuurgebied. De vraag is hoe dit meegenomen kan worden in een MKBA, waarbij de schademodelen een belangrijke rol in spelen. Hierbij zal eerst gekeken worden op welke manieren natuur 'gewaardeerd' kan worden en daarna zal gekeken worden naar de resultaten van de schademodelen. De vraag die hierbij centraal staat is:

Hoe wordt in de modellen omgegaan met de 'natuur'?

10.1 Waardering natuur

In MKBA's wordt altijd gekeken naar de economisch meest 'voordelige' situatie. Kortweg, de baten moeten groter zijn dan de kosten. De economische waarde van natuur is echter geen vanzelfsprekend begrip. De meeste mensen geven aan het woord 'natuurwaarde' veelal geen economische maar een ecologische invulling. In het dagelijks taalgebruik heeft een gebied een hoge natuurwaarde als er bijvoorbeeld veel verschillende en zeldzame planten en dieren voorkomen. Het Lauwersmeergebied is zelfs in 2003 uitgeroepen tot Nationaal Park. Daarentegen heeft een gebied een hoge economische waarde als er veel geld verdiend wordt. Dit schetst een onjuist beeld, aangezien een natuurgebied ook economische waarde kan hebben, zelfs als er geen geld wordt verdiend. Een natuurgebied kan immers op allerlei manieren welvaart voor de maatschappij voortbrengen, zonder dat dit gepaard gaat met concrete opbrengsten c.q. kasstromen (Ruijgrok, Brouwer, & Verbruggen, 2004). In de OEI-leidraad (2004) is een stappenplan opgenomen om de effecten van een verandering in de natuur te bepalen. In Bijlage N is uiteengezet hoe dit stappenplan gezien moet worden.

10.2 OEI-leidraad Lauwersmeergebied

In deze case gaat het om een overstroming in het Lauwersmeergebied. Om te beginnen moeten de fysieke effecten van een overstroming bepaald worden. Dit kan bijvoorbeeld gedaan worden door eerst landschap, natuur en cultuurhistorische waarden (de LNC-waarden) in het gebied te analyseren en daarna te toetsen aan de gevolgen van een overstroming. In Bijlage M zijn de aspecten van LNC-waarden en effecten ten gevolge van overstroming uiteengezet. In dit rapport wordt gefocust op het Lauwersmeergebied waarin met name de natuur- en de landschapswaarden van belang zijn. In Tabel 7 staan de aspecten van LNC-waarden die hier een rol spelen (Nieuwenhuizen, et al., 2003):

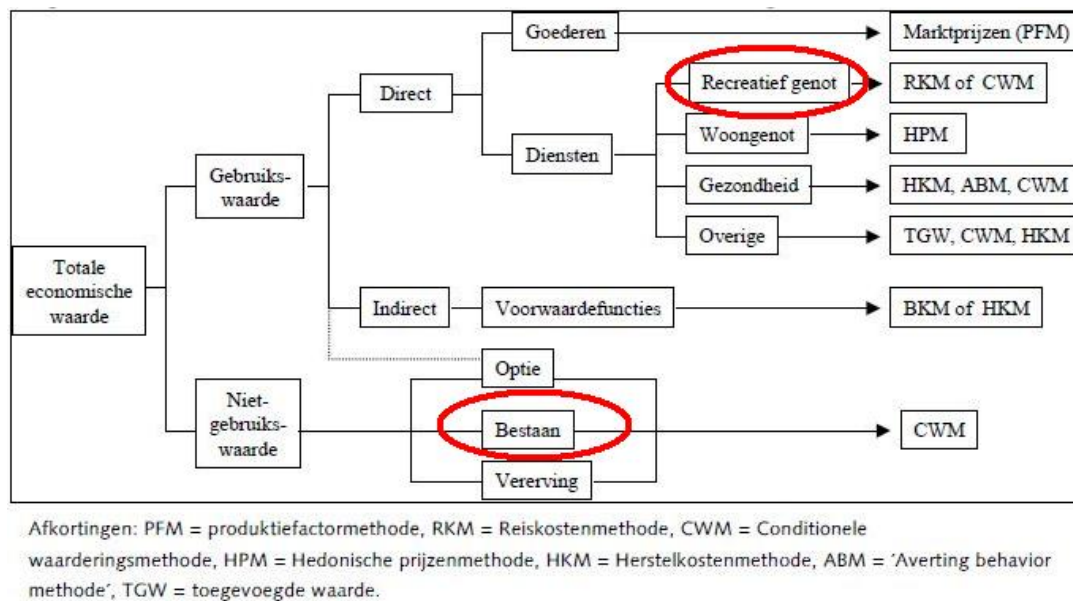
Tabel 7: Aspecten LNC-waarden en effecten van overstroming

Landschap	Effect overstroming	Natuur	Effect overstroming
Opgaande begroeiing	Langdurige overstroming kan een grote sterfte onder opgaande begroeiing (bomen en struiken in bossen en lijnvormige beplantingen) tot gevolg hebben. Hierbij is wel een groot verschil tussen de verschillende boomsoorten. Zo zijn wilgen en populieren veel beter bestand tegen een overstroming dan eiken en beuken.	Vegetatie	Er is geen ervaring met de effecten op vegetatie. Gevreesd wordt dat vooral (matig) voedselarme vegetaties onherstelbare schade ondervinden door verrijking met voedingsstoffen en aanslibbing. Het betreft blauwgraslanden, trilvenen en laagmoerassen. Het maakt veel uit in welke periode van het jaar de overstroming plaatsvindt en ook of het om zee- of zoetwater gaat.
		Herpetofauna	Langdurige overstroming kan de totale populatie van bepaalde soorten doen verdwijnen.
		Vogels	Overstroming kan onder de vogelpopulatie tot enorme schade leiden. Een overstroming in het broedseizoen zal ervoor zorgen dat een gedeelte van de populatie verloren gaat.
		Zoogdieren	Overstroming kan tot grote sterfte leiden onder de zoogdieren, met name onder kleine en middelgrote soorten. Populaties kunnen zich weer herstellen door herkolonisatie, maar de kolonisationsnelheid is afhankelijk van de al dan niet geïsoleerde ligging van leefgebieden, en kan al snel meer dan 20 jaar bedragen.
		Zoetwater-ecosystemen	Zout water vernietigt hele zoetwaterecosystemen. Voedselrijk water heeft dramatische effecten in (matig) voedselarme wateren. Nadere analyse is nodig gezien de complexiteit van deze systemen en de gebrekkige kennis over de spreiding van sommige soorten.

Een probleem bij het inschatten van de fysieke effecten is dat er nog niet veel bekend is over de impact van een overstroming op de natuur. Aan de ene kant verwacht men dat vooral voedselarme vegetaties blijvende schade oplopen door verrijking met voedingsstoffen en aanslibbing. Aan de andere kant kan een overstroming ook zorgen voor een natuurlijke stimulans voor aangroei van flora. Let wel, een overstroming met zoet of zout water en het tijdstip is van groot belang met betrekking tot het bepalen van de fysieke effecten (Nieuwenhuizen, et al., 2003). Daarnaast is het Lauwersmeer één van de belangrijkste vogelgebieden van West-Europa. Zeldzame soorten als grauwe kiekendief, oeverzwaluw, baardmannetje en blauwborst broeden er. Een overstroming in het broedseizoen zal ervoor zorgen dat een gedeelte van de populatie verloren zal gaan. Verder zal een overstroming tot sterfte leiden onder kleine en middelgrote soorten zoogdieren, zoals de veld- en spitsmuizen in het Lauwersmeergebied. Een kleinere populatie muizen heeft op haar beurt weer gevolgen voor de roofvogels. Minder prooidieren, betekent minder roofdieren.

Daarna moeten de welvaartsstromen die betrekking hebben op het Lauwersmeergebied inzichtelijk worden gemaakt. Welke goederen en diensten levert het gebied en welke kunnen door een overstroming niet meer geleverd worden? In Figuur 10 wordt het algemene schema met

welvaartsstromen van natuur uit de OEI-leidraad (2004) weergegeven. De rode componenten hebben in het bijzonder betrekking op het Lauwersmeergebied.



Figuur 10: Algemene welvaartsstromen 'natuur', verschillende waarderingsmethoden

In Bijlage N wordt meer informatie verschaft over de verschillende welvaartsstromen van natuur. De economische waarde van de natuur wordt onderverdeeld in *gebruikswaarde* en *niet-gebruikswaarde*. Het Lauwersmeergebied wordt onder andere door wandelaars, recreatievaart, etc. direct gebruikt en vallen onder 'recreatief genot'. De andere component aangaande het Lauwersmeergebied is de 'bestaanswaarde'. De bestaanswaarde is gelijk aan de waarde die de huidige generatie hecht aan het bestaan van een ecosysteem, ongeacht gebruik⁵. Vervolgens dienen deze componenten gekwantificeerd te worden. De vraag is echter of een overstroming er ook daadwerkelijk voor zorgt dat het ecosysteem verwoest wordt, aangezien de fysieke effecten van een overstroming op de natuur nog niet goed genoeg zijn onderzocht. De verwachting is dat een kleine overstroming, met zoetwater, zelfs een impuls geeft aan de aanwas van vegetatie.

Als laatste zal er gemonetariseerd moeten worden. Uit Figuur 10 volgt dat beide componenten met behulp van de CWM methode op prijs gewaardeerd kunnen worden. Met deze methode kan middels enquête onderzoeken de beleving en betalingsbereid van burgers achterhaald worden. De totale prijs die mensen bereid zijn te betalen kan worden meegewogen in een kosten-batenanalyse⁶.

10.3 Berekening schade aan natuur in schademodelen

Zoals hierboven is uitgelegd, is het lastig om de economische schade aan natuur te bepalen. In hoofdstuk 8 is met de gebruikte schademodelen de totale schade in het Lauwersmeergebied berekend. Hoe gaan deze modellen om met de natuur en de schade als gevolg van een overstroming?

⁵ Veel mensen hechten bijvoorbeeld waarde aan het Amazone gebied terwijl ze er nog nooit geweest zijn. En zijn ook bereid om hiervoor te betalen, denk aan natuurorganisaties.

⁶ De betalingsbereidheid is sterk afhankelijk van enquête steekproef en resultaten verschillen in het algemeen sterk. Uit onderzoeken van Deltares en Rijkswaterstaat naar betalingsbereidheid en lidmaatschappen van natuurorganisaties blijkt dat de resultaten een bandbreedte hebben van 1 euro tot 45 euro per jaar.

10.3.1 Natuur in WSS

Om te beginnen wordt er gekeken naar de WSS. Uit Tabel 11 in Bijlage F blijkt dat de WSS wel een categorie met betrekking tot natuur bezit, bestaande uit volkstuinen, groen in stedelijk gebied etc. Het Lauwersmeergebied is echter geen stedelijk gebied, maar meer een natuurlijk gebied. In Figuur 6 is de schade afkomstig uit de WSS, visueel weergegeven. Hierin is duidelijk te zien dat er geen schade wordt toegekend aan gebieden bestaande uit bos of struiken (wel aan de fiets- wandelpaden die hier doorheen liggen). In het zuidwesten van Figuur 6 zijn stukken, die vallen onder het Nationaal Park Lauwersmeer (Bijlage B), waar geen schade aan toegekend is. Er kan geconcludeerd worden dat aan natuur, bestempeld als daadwerkelijk natuurgebied in de WSS, geen schadebedrag wordt gekoppeld. Dit terwijl bos / natuur wel degelijk worden meegenomen in de landgebruikkaarten.

Als gekeken wordt in Bijlage J naar de gedetailleerde berekening, blijkt dat er in scenario lang 1623,3 hectare aan de categorie 'gras overig' wordt gekoppeld. De categorie 'gras overig' is niet opgenomen in de tabel met schadecategorieën en schadebedragen op de site, en niet in de handleiding van de WSS, dit terwijl deze categorie wel is opgenomen in de landgebruikkaarten. De oppervlakte bestempeld als 'gras overig' wordt in deze casus voornamelijk gebruikt als militair oefenterrein (= niet opgenomen in landgebruikkaarten). Het grootste deel van de oppervlakte van het militair oefenterrein komt op conto van grasland zonder landbouwfunctie. Geconcludeerd kan worden dat stukken land die geen specifieke functie hebben (bv. natuur, bos, landbouw etc.) en vooral uit grasland bestaan gekoppeld worden aan de categorie 'gras overig'. Er is niet direct specifieke informatie aanwezig over deze categorie, maar na analyse blijkt dat de maximale schadebedragen hetzelfde zijn als van 'Natuur en Recreatie' (Tabel 11, Bijlage F), namelijk min. € 800 ha⁻¹, gem. € 1000 ha⁻¹ en max. € 1200 ha⁻¹. De relatie schadefactor is hetzelfde als voor 'agrarisch gras'.

10.3.2 Natuur in HIS-SSM

In Figuur 7 is een overzicht gegeven van de opgetreden schade na overstroming in de HIS-SSM. Als dit figuur vergeleken wordt met Figuur 12 in Bijlage B, blijkt dat de HIS-SSM alleen de schade aan bosgebied meeweegt in de schadeberekening. De categorie die hierbij hoort is 'recreatie extensief' en neemt een aanzienlijk percentage van de totale schade voor haar rekening. Er wordt geen rekening gehouden met de overige natuur en het grasland op het militair oefenterrein. Briene et al. (2002) bevestigen dat militaire oefenterreinen wel meegenomen worden in de subcategorie 'bossen' mits er meer dan 20% kronenprojectie is. In deze casus is de kronenprojectie op het militair oefenterrein echter minder dan 20%, daarom wordt aan dit gebied geen schade toegekend. Geconcludeerd kan worden dat de HIS-SSM nog geen volledige schade berekend voor natuurrijke gebieden. Verschillende partijen en ingenieurs zijn bezig met het ontwikkelen van een soortgelijke module als de HIS-SSM om de schade aan LNC waarden te bepalen, namelijk de HIS-LNC.

11. Conclusie

Het doel van dit onderzoek was om waterschap Noorderzijlvest inzicht te geven in de economische schade in het Lauwersmeergebied als gevolg van een overstroming vanuit het Lauwersmeer. Aan de hand van drie scenario's is onderstaande hoofdvraag uitgewerkt.

Wat is de omvang van de overstromingsschade in het Lauwersmeergebied, als gevolg van gesloten spuisluizen en maximale lozing op het Lauwersmeer, na 48, 72 en 96 overstromingsuren?

Met Sobek is voor alle drie scenario's een overstromingssimulatie gedaan, echter kon geen nauwkeurige schatting worden gegeven voor de snelheid waarmee het Lauwersmeer volliep en overstroomde. Een schatting met betrekking tot de omvang van de economische schade, uitgerekend met de WSS en de HIS-SSM, als een overstroming plaatsvindt, is wel gedaan. De schade afkomstig uit de WSS en HIS-SSM is weergegeven in Tabel 8, voor respectievelijk 48 (kort), 72 (middel) en 96 (lang) overstromingsuren.

Tabel 8

	Scenario kort	Scenario middel	Scenario lang
Totale schade WSS	€ 6.520.653	€ 7.234.582	€ 11.523.385
Totale schade HIS-SSM	€16.187.017	€31.563.388	€47.114.684

De schades afkomstig uit de schademodelen lopen nogal uiteen. Eén van de belangrijkste oorzaken is dat beide modellen voor een ander type overstroming zijn gemaakt, wat zorgt voor een andere aanpak in beide modellen. De WSS is met name gemaakt voor het berekenen van de schade als gevolg van wateroverlast met waterstanden van enkele decimeters. De HIS-SSM is juist ontwikkeld om de economische gevolgen te bepalen van een grootschalige overstroming met hoge waterstanden, stroom- en stijgsnelheden. Voorbeeld van een verschil is de schade aan gebouwen, die in de HIS-SSM gebaseerd zijn op de vervangingswaarde van het gebouw, terwijl de WSS de kosten neemt die nodig zijn om het gebouw te herstellen.

Een andere belangrijke verklaring voor de verschillende uitkomsten van beide schademodelen zit in het detailniveau. HIS-SSM en de WSS rekenen met respectievelijk een celgrootte van 100m x 100 m en 0,5 m x 0,5 m. Door de grote resolutie van de HIS-SSM zullen op sommige oppervlakten in het gebied wel waterstanden gegenereerd worden, die op een gedetailleerde kaart niet voorkomen en vice versa. Daarnaast gebruiken de modellen verschillende landgebruikkaarten waardoor ook andere schades kunnen ontstaan.

Verder is onderzocht hoe de modellen omgaan met de natuur. Er is nog niet veel bekend over de impact van een overstroming op de natuur. Hierdoor is het lastig om de natuur monetair te waarderen. De WSS heeft bos/natuur wel opgenomen in de gebruikte landgebruikkaarten, maar koppelt hier vervolgens geen schadebedrag aan. De HIS-SSM daarentegen waardeert de natuur, alleen in de vorm van bosgebied door middel van de categorie 'recreatie extensief'. Als waarderingsgrondslag voor de directe schade van deze categorie wordt de vervangingswaarde gebruikt. Er wordt echter geen schadebedrag gekoppeld aan de fysieke schade die optreedt aan de overige natuur.

Kortom, de schademodelen zijn gemaakt voor een ander type overstroming en hebben daarom ook een andere aanpak. Aangezien het in deze casus gaat om een relatief kleine overstroming met

verwaarloosbare stroomsnelheden en waterstanden van slechts enkele decimeters, is het aannemelijk dat de meeste waarde gehecht moet worden aan de uitkomst van de WSS. Belangrijke vermelding hierbij is dat aan deze uitgerekende schades verschillende aannames ten grondslag liggen en dat er een bepaalde onzekerheid zit in de gehanteerde schadebedragen. Bovendien wordt de schade aan natuurgebied niet meegewogen in de totale schade.

12. Discussie

Tijdens dit onderzoek zijn er een aantal aspecten naar voren gekomen die van invloed zijn geweest op het verloop en resultaat. Doordat dit verslag onder andere ter advies dient voor het waterschap Noorderzijlvest, is het handig om deze aspecten te benoemen.

Om te beginnen moest een overstroming worden gesimuleerd. In dit onderzoek is dat gedaan aan de hand van het 1D/2D Sobek Overland Flow model. De rekentijd van zulke modellen zijn enorm groot. In deze casus duurde het simuleren van de overstroming ca. vier hele dagen.

Een ander aspect zijn de gebruikte schademodelen, beide gemaakt voor een ander type overstroming, maar ook verschillend in gebruik. De WSS kan volledig vrij via internet gebruikt worden en worden de resultaten naar een mailadres gestuurd, terwijl voor de HIS-SSM een licentie nodig is en het programma geïnstalleerd moet worden op de computer. De resultaten van de WSS zijn een week lang online beschikbaar, maar kunnen ook gedownload worden. Het nadeel is dat de bestanden enorm groot zijn en soms niet eens online bekeken kunnen worden, omdat de computer gewoonweg niet snel genoeg is. Het nadeel van de HIS-SSM is dat deze moeilijk aan te passen is, omdat gebruik gemaakt wordt van de Standaard Methode (Kok, Huizinga, Vrouwenvelder, & van den Braak, 2005).

Het verschil in detailniveau van beide modellen is erg groot. De HIS-SSM maakt gebruik van data met een celgrootte van 100m x 100m en schaal zelf op wanneer niet aan deze voorwaarde is voldaan. De methode van opschaling is echter niet bekend. De WSS maakt gebruik van veel gedetailleerdere data, namelijk met een celgrootte van 0,5 m x 0,5 m. Een nadeel van deze hogere mate van detailniveau is een beduidend langere rekentijd in vergelijking met de HIS-SSM. In deze casus duurde de berekening via de WSS een aantal uren, terwijl met de HIS-SSM deze in een paar seconden klaar was. Het verschil in detailniveau en het op- of afschalen geeft onnauwkeurigheden in de uiteindelijk berekende schade.

Verder kwam in deze casus aan het licht dat de indirecte schade van met name de 'primaire wegen' een groot aandeel vormde van de totale schade. De WSS maakt namelijk geen onderscheid in het belang van de weg, bijvoorbeeld in economisch opzicht met het oog op aan- en afvoerroutes. Bij de HIS-SSM geeft de categorie 'recreatie extensief' een extreem hoog schadebedrag. De hoogte van deze economische schade lijkt buitenproportioneel hoog.

Een laatste kanttekening in beide schademodelen is dat de natuur niet of niet volledig wordt meegewogen in de berekening. Hoogstwaarschijnlijk zal, als dit wel gebeurt, de schade hoger uitvallen.

13. Advies waterschap Noorderzijlvest

Het waterschap Noorderzijlvest wilde inzicht krijgen in de omvang van de schade in het Lauwersmeergebied als gevolg van een overstroming vanuit het Lauwersmeer. In dit geval betreft het een overstroming die zich langzaam voortbeweegt en waar geen sprake is van een dijkdoorbraak. Door dit type overstroming en de grootte van het overstroomde gebied wordt geadviseerd om voornamelijk te kijken naar de schade afkomstig van de WSS. Belangrijk om te vermelden is dat deze berekende schades **niet** blindelings overgenomen moeten worden. Er liggen namelijk verschillende aannames aan ten grondslag en er zit een zekere mate van onzekerheid in.

De uitgerekende schadebedragen kunnen eventueel gebruikt worden voor een kosten-batenanalyse van verbeteringsmaatregelen, zoals bijvoorbeeld het verhogen van kades of het bouwen van een gemaal te Lauwersoog. Economisch gezien kan het een aanbeveling zijn om bijvoorbeeld helemaal geen maatregelen te nemen en te accepteren dat het gebied eens in een x-aantal jaren overstroomt en de getroffen en te compenseren. De vraag hierbij blijft echter of dit maatschappelijk ook verantwoord is.

Tot slot is de WSS voor het waterschap een goed en makkelijk toepasbaar hulpmiddel om de schade uit te rekenen, van wateroverlast in gebieden met een relatief klein oppervlak. Het kan goed worden gebruikt bij het afwegen van maatregelen om bijvoorbeeld een (nood)bergingsgebied in te richten. Kortom, een geschikt hulpmiddel bij een kosten-batenanalyse. De HIS-SSM is geschikter bij het doorrekenen van de schade als gevolg van een overstroming vanuit zee, door een doorbraak van een primaire kering (grootschalige overstroming).

14. Vervolg onderzoek

Tijdens dit onderzoek zijn een aantal zaken aan het licht gekomen, waarvan te weinig informatie beschikbaar was en die verder onderzoek behoeven.

In dit onderzoek kwam naar voren dat er nog niet veel bekend is over de impact van een overstroming op de natuur. Het is dan ook lastig om de schade aan natuur op te nemen in de schademodelen. Men is bezig met het ontwikkelen van het HIS-LNC model die de schade aan natuur, als gevolg van een overstroming, kan bepalen. Dit is een prototype en meer onderzoek naar fysieke effecten van een overstroming op de natuur en het vaststellen van schadebedragen is gewenst.

Waterschap

Het Lauwersmeergebied is één van de belangrijkste vogelgebieden van West-Europa. Zeldzame soorten als grauwe kiekendief, oeverzwaluw, baardmannetje en blauwborst broeden er. Een overstroming in het broedseizoen zorgt er wellicht voor dat een gedeelte van de populatie verloren zal gaan. Inzicht krijgen in de gevolgen van een overstroming op de flora en fauna in het Lauwersmeergebied is wenselijk.

Tot slot, in dit onderzoek kon geen betrouwbare schatting worden gegeven van de overstromingssnelheid waarmee het Lauwersmeer volliep en overstroomde. Het is voor het waterschap wenselijk om te weten hoelang het duurt voordat het water over de kade stroomt, als gevolg van gesloten spuisluizen te Lauwersoog en maximale lozing op het Lauwersmeer van de afwaterende gebieden. Deze informatie is van belang bij het afwegen van eventuele maatregelen, zoals het verhogen van de kades.

Bibliografie

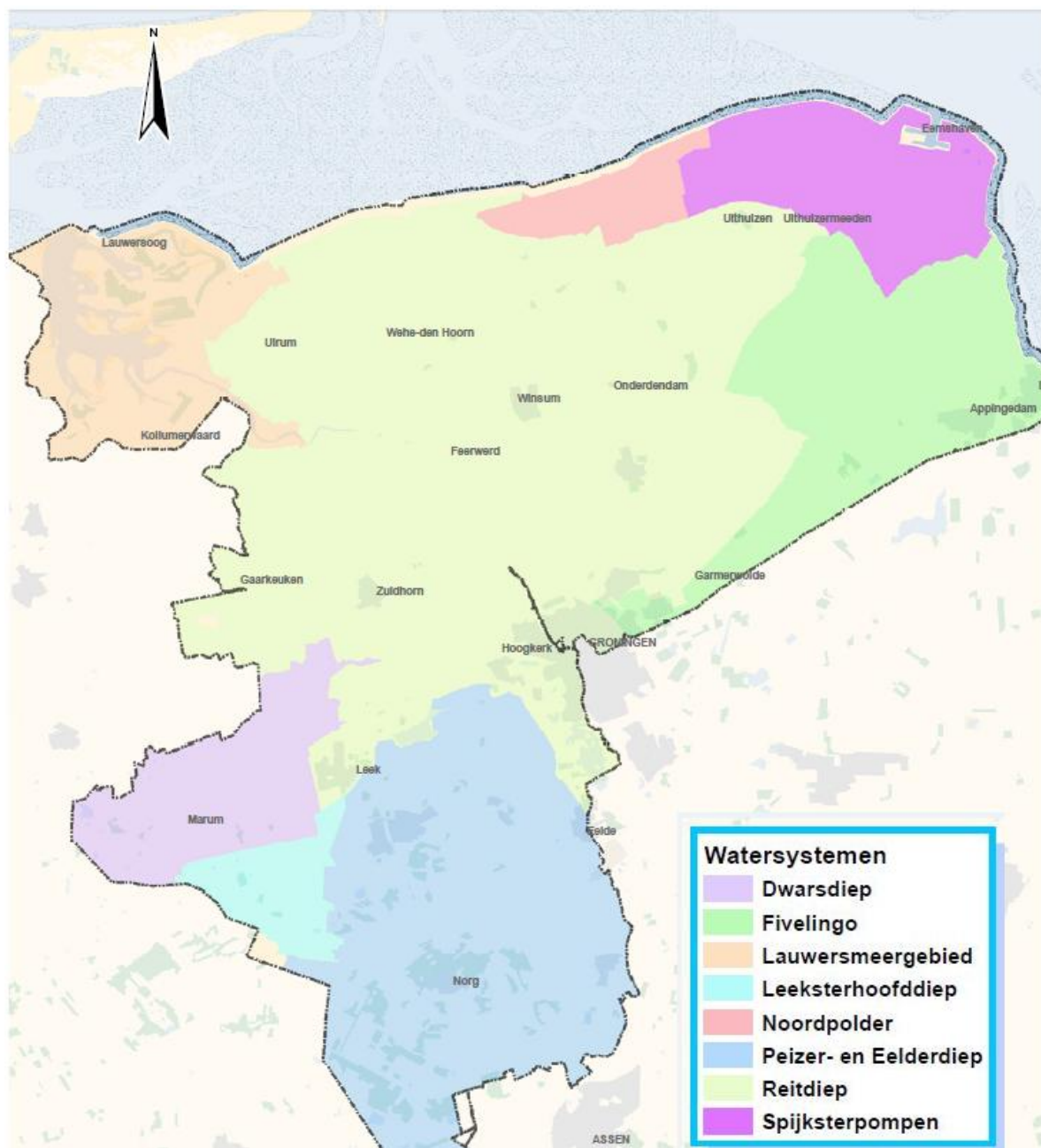
- B. Kolen & D. Klopstra (HKV lijn in water) en A. Swenne & D. Logemann (Arcadis). (2004). *Watervisie Lauwersmeer*.
- Baan, M. (2008). *Fear appeal als risicocommunicatiemiddel bij overstromingsrisico's*. Enschede: Universiteit Twente.
- Briene, M., Koppert, S., Koopman, A., & Verkennis, A. (2002). *Financiële onderbouwing kengetallen hoogwaterschade*. Rotterdam.
- Groot Zwaartink, M. E., & Dijkman, M. (2007). *HIS-Schade en Slachtoffers Module versie 2.4; Gebruikershandleiding*. Geodan.
- Kind, J. (2011). *Maatschappelijk kosten-baten analyse waterveiligheid 21e eeuw (MKBA WV21)*. Delft: Deltares.
- KNMI. (2009). *Klimaatverandering in Nederland*.
- Kok, M., Huizinga, H., Vrouwenvelder, A., & van den Braak, W. (2005). *Standaardmethode 2005 - Schade en Slachtoffers als gevolg van overstromingen, HKV LIJN IN WATER en TNO Bouw*.
- Kolen, B., & Helsloot, I. (2012). Time needed to evacuate the Netherlands in the event of large-scale flooding: strategies and consequences. *Disasters*, 36 (4), 700 - 712. doi:10.1111/j.1467-7717.2012.01278.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat. (2000). *Anders omgaan met water. Waterbeleid voor de 21e eeuw*. Den Haag: Ministerie van Verkeer en Waterstaat.
- Nederlandse Aardolie Maatschappij. (2010). *Bodemdaling door aardgaswinning; Statusrapport 2010 en prognose tot het jaar 2070*. Assen.
- Nieuwenhuizen, W., Wolfert, H. P., Higler, L., Dijkman, M., Huizinga, H., Kopinga, J., . . . Wösten, J. (2003). *Standaardmethode Schade aan LNC-waarden als gevolg van overstromingen*. Wageningen.
- Pleumeekers, O., & Verbree, J. (2010). Overstromingsmodellen met een hoge resolutie. *H2O nr.21*, 20-21.
- Riemersma, P., & Rusticus, R. (2007). *Noodwaterberging Marnewaard*. Drachten: Grontmij.
- Ruijgrok, E., Brouwer, R., & Verbruggen, H. (2004). *Waardering van Natuur, Water en Bodem in maatschappelijke kosten-batenanalyses; Aanvulling op de Leidraad OEI*. Ministerie van Verkeer en Waterstaat & Ministerie van Economische Zaken.
- STOWA. (2011). *Voorstel voor toepassingsbereik EU richtlijn overstromingsrisico's*. Amersfoort: STOWA.
- STOWA. (2013). *WaterSchadeSchatter*. Amersfoort: STOWA.

- Terpstra, T. (2009). *Flood preparedness: Thoughts, feelings and intentions of the Dutch public*. Den Haag: Albani drukkers.
- Vreeken, W., & van der Veen, A. (2013). *Nederlandse modellen om schades van overstromingen te schatten: empirische verschillen*. Enschede.
- Waterschap Noorderzijlvest & Wetterskip Fryslân. (2004). *Waterakkoord Lauwersmeer*.
- Waterschap Noorderzijlvest. (2003). *Waterbeheerplan Lauwersmeergebied*.
- Waterschap Noorderzijlvest. (2008). *Europese Kaderrichtlijn Water Waterschap Noorderzijlvest; Waterlichaam Lauwersmeer*. Groningen.
- Waterschap Noorderzijlvest. (2009). *Waterbeheerplan 2010-2015*. Groningen.
- Wesselink, A. (2007). Flood safety in the Netherlands: The Dutch response to Hurricane Katrina. *Technology in Society*, 29 , 239 - 247. doi: 10.1016/j.techsoc.2007.01.010.

Bijlagen

Bijlage A	Beheergebied Noorderzijlvest.....	34
Bijlage B	Nationaal Park Lauwersmeer	35
Bijlage C	Landgebruik Lauwersmeergebied	36
Bijlage D	Schillenmodel	37
Bijlage E	Waterkwaliteit Lauwersmeer	38
Bijlage F	Werkwijze WSS.....	39
Bijlage G	Werkwijze HIS-SSM	44
Bijlage H	Omzetting waterdiepte naar waterstand t.o.v. NAP.....	49
Bijlage I	Gevoeligheidsanalyse WSS Lauwersmeergebied	50
Bijlage J	Gedetailleerde uitkomst WSS.....	54
Bijlage K	Gevoeligheidsanalyse HIS-SSM Lauwersmeergebied.....	55
Bijlage L	Gedetailleerde uitkomst HIS-SSM	58
Bijlage M	LNC-waarden	61
Bijlage N	Fysieke effecten op natuur vertalen naar welvaartseffecten	63

Bijlage A Beheergebied Noorderzijlvest



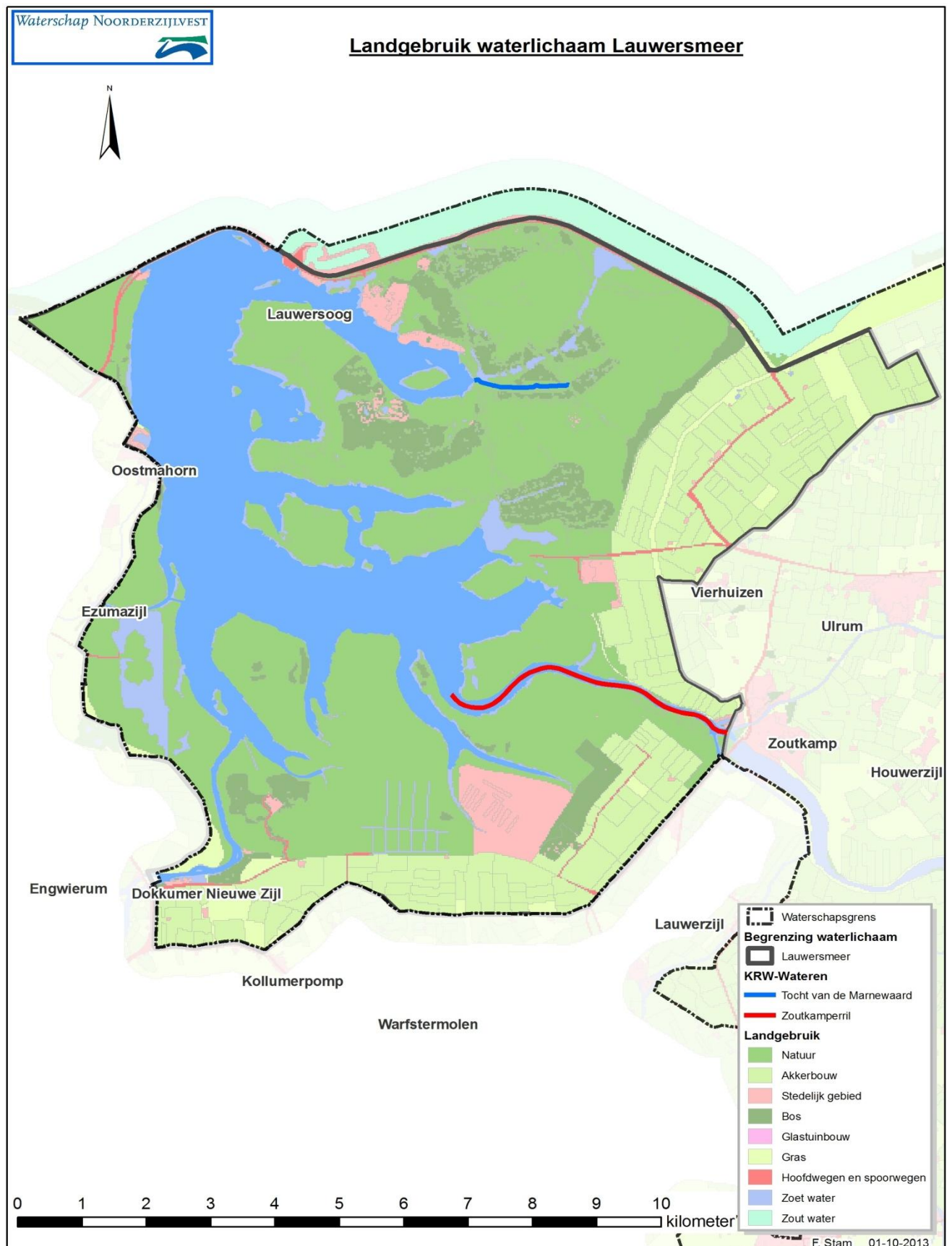
Figuur 11: Beheergebied Noorderzijlvest

Bijlage B Nationaal Park Lauwersmeer



Figuur 12: Nationaal Park Lauwersmeer

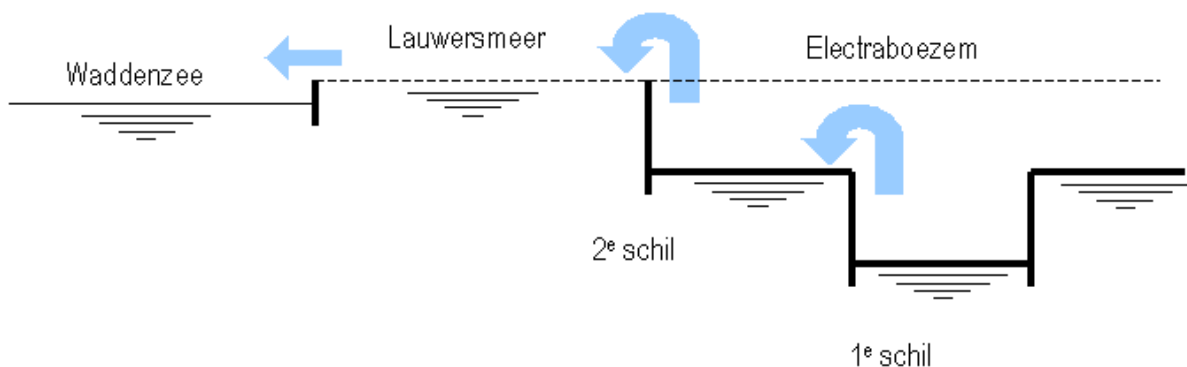
Bijlage C Landgebruik Lauwersmeergebied



Figuur 13: Virtuele weergave landgebruik Lauwersmeergebied

Bijlage D Schillenmodel

Het totale oppervlak van het stroomgebied dat via de Electraboezem afwatert is circa 100.000 ha. Als gevolg van gaswinning en inklinking, daalt de bodem in een deel van de Electraboezem. Als geen maatregelen waren genomen zou, op termijn, het water onvoldoende afstromen naar zee en zou regelmatig wateroverlast optreden. Om de negatieve gevolgen van de bodemdaling te compenseren is de Electraboezem opgedeeld in drie schillen. In Figuur 14 is een schematisatie weergegeven van het nu gehanteerde schillenmodel. De eerste schil bevindt zich in het diepste deel van het bodemdalinggebied met een streefpeil op dit moment van NAP -1,16 m en wordt bemalen door de gemalen Den Deel en Helwerd. De bodemdaling bedraagt hier momenteel al meer dan 20 cm en de prognose voor 2070 is een daling van meer dan 40 cm (Nederlandse Aardolie Maatschappij, 2010). Om problemen, zoals wateroverlast, landbouwschade, gebouwschade etc. te voorkomen wordt het waterpeil in dezelfde mate als de bodemdaling verlaagd.



Figuur 14: Schillenmodel Electraboezem waterschap Noorderzijlvest

Het water uit de eerste schil wordt uitgeslagen op de tweede schil met een streefpeil van NAP -1,07 m. De bodemdaling is hier kleiner dan in de eerste schil en het waterpeil wordt hier dan ook minder verlaagd. De tweede schil wordt bemalen door de gemalen Stad & Lande, Schaphalsterzijl en Abelstok.

Het water uit de tweede schil wordt op haar beurt weer uitgeslagen op de derde schil. De derde schil heeft een streefpeil van NAP -0,93 m en staat in open verbinding met het Lauwersmeer. Het water uit de derde schil stroomt onder vrijverval door naar het Lauwersmeer. Zodra de waterstand op de Electraboezem ongeveer tien centimeter is gestegen ten opzichte van het streefpeil, ten gevolge van het niet kunnen spuien op de Waddenzee, wordt de boezem gescheiden van het Lauwersmeer en treden de gemalen de Waterwolf en H.D. Louwes in werking.

De kosten voor de aanleg en exploitatie van de schilgemalen komen volledig voor rekening van de NAM. De NAM is tenslotte veroorzaker van de bodemdaling en financiert dus ook de te nemen maatregelen.

Bijlage E Waterkwaliteit Lauwersmeer

De waterkwaliteit in het Lauwersmeer is van groot belang voor een gezond en divers ecosysteem. In 2009 zijn er metingen verricht ten aanzien van de waterkwaliteit en op grond daarvan is een verwachting gemaakt voor de kwaliteit in 2015, met het in ogenschouw nemen van te nemen maatregelen. De resultaten van de metingen en verwachting voor 2015 worden weergegeven in Tabel 9 en zijn afkomstig uit het 'Waterbeheerplan Noorderzijlvest 2010 – 2015' (2009). De maatlaten en bijbehorende gewenste waarden zijn gebaseerd op type M30 (Zwak brakke wateren).

Tabel 9: Biologische en algemeen fysisch chemische toestand Lauwersmeer

Maatlat	Huidige situatie	Verwachting 2015	GEP
Macrofauna (EKR)			0,6
Overige waterflora (EKR)			0,57
Fytoplankton (EKR)			0,6
Vis (EKR)			0,6
Totaal fosfaat (zomergemiddelde) (mg P/l)			
Totaal stikstof (zomergemiddelde) (mg N/l)			1,8
Chloride (zomergemiddelde) (mg Cl/l)			1000-5000
Temperatuur (maximum waarde) (°C)			25
Doorzicht (zomergemiddelde) (Meter)			0,9
Zuurgraad (zomergemiddelde) (-)			6,0-9,0
Zuurstofverzadiging (zomergemiddelde) (%)			60-120
Legenda:  slecht  ontoereikend  matig  goed  zeer goed			

In Tabel 9 valt op dat de verwachtingen voor de biologische en algemeen fysisch chemische toestand van het water positief zijn.

Verder zijn er in 2009 ook metingen gedaan met betrekking tot de chemische toestand van het water. In het Besluit Kwaliteitseisen Monitoring Water zijn de normen voor de betreffende stoffen vastgelegd. In Tabel 10 wordt aangegeven welke stoffen bij het beoordelen de norm overschreden in 2009 (Waterschap Noorderzijlvest, 2009).

Tabel 10: Normoverschrijding relevante chemische stoffen Lauwersmeer

Normoverschrijding in 2009
- Ammonium
- Koper
- Zink
<i>Note: Stoffen waarover geen oordeel gevormd is zijn niet opgenomen in de tabel.</i>

Verwacht wordt dat de stoffen die nu niet voldoen aan de norm, ook in 2015 nog niet zullen voldoen.

Bijlage F Werkwijze WSS

Toen begonnen werd met de bouw van de WSS zijn verschillende randvoorwaarden en uitgangspunten geformuleerd waaraan het model moest voldoen (STOWA, 2013):

- ❖ *Het schademodel is alleen bedoeld voor het bepalen van schade door inundatie en niet voor het bepalen van schade door hoge grondwaterstanden;*
- ❖ *Het schademodel moet aansluiten op de werkwijze die door de waterschappen wordt toegepast voor het toetsen van regionale watersystemen;*
- ❖ *Voor de schadefuncties in het schademodel wordt geen nieuw onderzoek gedaan, maar gebruik gemaakt van bestaande kennis;*
- ❖ *De schadefuncties moeten aangepast kunnen worden als er nieuwe kennis of nieuwe inzichten beschikbaar komen;*
- ❖ *De schadefuncties moeten kunnen werken met de huidige en met de toekomstige wateroverlastmodellen. De verwachting is dat het op termijn mogelijk wordt om op een veel gedetailleerder niveau dan nu gebruikelijk is simulaties uit te voeren met hydrologische modellen;*
- ❖ *Bij het bepalen van de schade moet niet alleen de diepte, maar ook de duur van de wateroverlast en de periode in het seizoen meegenomen worden in de schadebepaling;*
- ❖ *Het schademodel moet vrij beschikbaar zijn voor alle medewerkers van waterschappen, gemeenten en adviesbureaus en ook voor niet-expert gebruikers eenvoudig te gebruiken zijn;*
- ❖ *Bij de te maken keuzes voor het bepalen van de schade en den baten van maatregelen, wordt rekening gehouden met de OEI-leidraad;*
- ❖ *Het schademodel moet bij voorkeur consistent zijn met HIS-SSM.*

De WSS is in staat om meerdere soorten berekeningen uit te voeren aan de hand van een ASCII-bestand met de waterstand na overstroming/wateroverlast ten opzichte van NAP. In Figuur 15 is het startscherm gegeven van de WSS met de bijbehorende mogelijkheden voor schadeberekening.

WaterSchadeSchatte

Stap 1 van 2

Hoe wilt u het scenario noemen?

Emailadres

Kies het type gegevens waarmee u een schadeberekening wilt uitvoeren

- ☐ 1 Kaart met de max waterstand van 1 gebeurtenis
- ☐ 1 Kaart met de waterstand voor een zekere herhalingstijd
- ☐ Kaarten met per tijdstip de waterstand van 1 gebeurtenis
- ☐ Kaarten met de max. waterstand van afzonderlijke gebeurtenissen
- ☐ Kaarten met voor verschillende herhalingstijden de waterstanden (voor risicokaart)
- ☐ Tijdserie aan kaarten met per tijdstip de waterstand van meerdere gebeurtenissen
- ☐ Batenkaart maken met resultaten uit twee risicokaarten

verder

Figuur 15: Stap 1 van 2 invullen WSS

De resultaten van de schadeberekening worden gestuurd naar het ingevulde e-mailadres. In dit rapport wordt gerekend met de maximale waterstand van één gebeurtenis. De WSS maakt gebruik van vier landgebruikkaarten met een 0,5 x 0,5 raster:

- 1) **Het BAG register:** In het BAG (Basisregistratie Adressen en Gebouwen) register zijn alle gebouwen als afzonderlijke objecten opgenomen, met elk een eigen functie. Daarnaast is per object in de eigenschappen aangegeven, wat voor functie het gebouw heeft.
- 2) **De TOP10NL:** In de TOP10NL kaart van het kadaster zijn de categorieën wegen, groen in stedelijk gebied en oppervlaktewater samengesteld. In de gebruikershandleiding van de WSS wordt bijvoorbeeld in het geval weer onderverdeeld in primaire, secundaire (regionale wegen, lokale wegen en straten) en tertiaire wegen. Bij primair kan gedacht worden aan autosnelwegen, hoofdwegen, spoorbanen en wegvlakken die onderdeel zijn van luchthavens. Secundaire wegen zijn regionale wegen, lokale wegen en de straten. Tertiaire wegen zijn de half verharde wegen, onverharde wegen, parkeerterreinen en overige terrein vlakken. Met deze indeling wordt onderscheid gemaakt in de indirecte economische schade die ontstaat wanneer een weg tijdelijk niet gebruikt kan worden. Deze schade is voor primaire wegen groot en voor tertiaire wegen nihil.
- 3) **DE LGN6:** De LGN (Landelijke Grondgebruikstand Nederland van Alterra) is de onderste laag van de samengestelde landgebruikkaart. Hierin staan verschillende agrarische categorieën.
- 4) **CBS bodemgebruik:** Als laatste de CBS bodemgebruikkaart, hierin worden de sportparken, volkstuinen, recreatief gebied etc. in opgenomen. Dit omdat deze categorieën niet of niet compleet in de LGN of TOP10NL zijn opgenomen.

Vervolgens kunnen bij stap 2 (Figuur 16) de karakteristieken en aannames voor de wateroverlast worden ingevuld.

Invoer voor "1 Kaart met de max waterstand van 1 gebeurtenis"

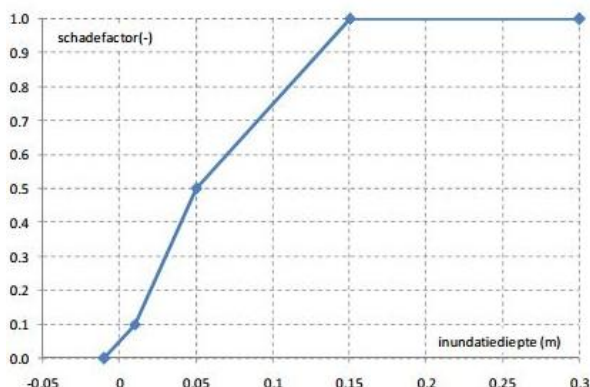
Stap 2 van 2

☐ Ascii bestand maximale waterstand	Bestand kiezen Geen bestand gekozen
☐ Optioneel: eigen schadetabel	Bestand kiezen Geen bestand gekozen
☐ Duur overlast (uur)	1
☐ Hersteltijd wegen	6 uur
☐ Hersteltijd bebouwing	1 dag
☐ Wat is de maand van de gebeurtenis?	september
☐ Gemiddelde, minimale of maximale schadebedragen en schadefuncties	Gemiddelde schadebedragen en
vorige stap verder	

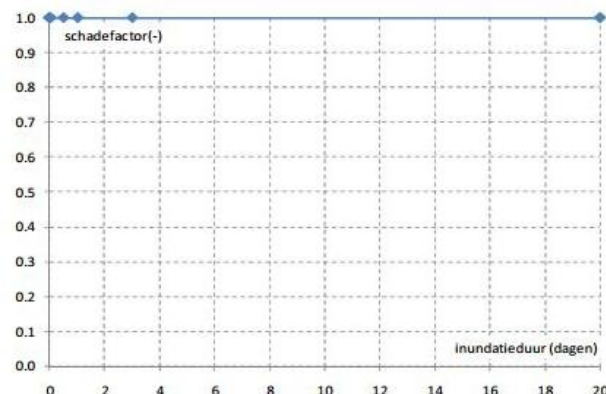
Figuur 16: Stap 2 van 2 invullen WSS

Als eerste wordt gevraagd naar een ASCII bestand met de maximale waterstand. De WSS kan alleen rekenen met de waterstand ten opzichte van NAP. In de WSS worden vervolgens de inundatiedieptes bepaald door de kaart met waterstanden en de AHN2 hoogtekaart te combineren.

Als tweede kun je een eigen schadetabel uploaden. Dit is een handige tool in verband met de schadefactoren (zie Figuur 17 en Figuur 18). De WSS maakt gebruik van schadefactoren aangezien niet bij elke inundatiediepte/duur/seizoen het maximale schadebedrag aangeroepen moet worden. Bij een lange duur van wateroverlast zal de schade ook hoger liggen dan bij kortstondige overlast (in geval van gelijke inundatiediepte, periode etc.). De schadefactoren liggen tussen 0 en 1, waarbij 0 geen schade wordt berekend en bij 1 de maximale schade. In de WSS wordt voor alle categorieën een maximaal schadebedrag berekend bij een inundatiediepte van 0,3 meter. In geval van hevige wateroverlast kan de vraag gesteld worden of 0,3 meter realistisch is. Met deze optie in stap 2 kan de schadetabel worden aangepast.



Figuur 17: Relatie schadefactor inundatiediepte bebouwing



Figuur 18: Relatie schadefactor inundatieduur bebouwing

Als derde moet de duur van de overlast worden aangegeven. Dit is een aanname die gedaan moet worden als een ex-ante analyse gemaakt wordt. Als er een ex-post analyse gedaan wordt is het simpelweg de duur van de gekozen overstroming uit het verleden. Een langere duur zorgt logischerwijs voor een hogere schade. Als voorbeeld kan gedacht worden aan een gebouw met winkelfunctie die langere tijd gesloten is waardoor omzet misgelopen wordt.

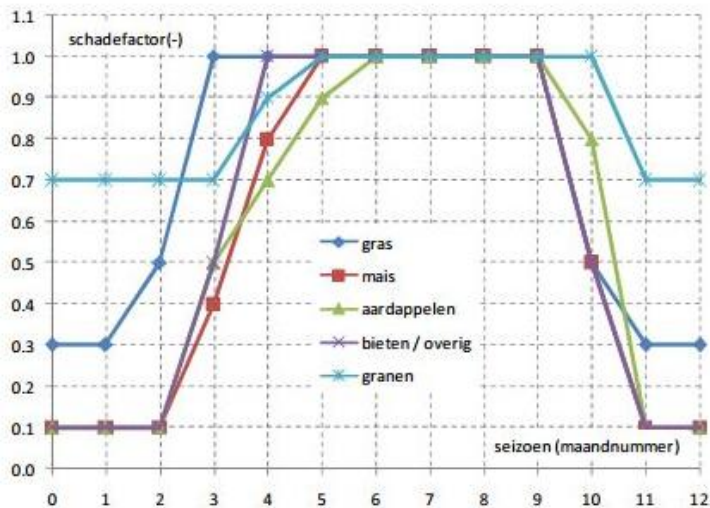
Als vierde kan een keuze gemaakt worden in de hersteltijd van de wegen. Wederom zal een langere hersteltijd zorgen voor een hogere schade. Gekozen kan worden voor: 0 uur, 6 uur, 1 dag, 2 dagen, 5 dagen en 10 dagen⁷.

Inherent met de duur van de overlast, gericht op het voorbeeld van een gebouw met winkelfunctie, is de invloed van de hersteltijd van de bebouwing. De hersteltijden die gekozen kunnen worden zijn hetzelfde als bij hersteltijd van wegen⁸.

Op de zesde regel wordt gevraagd naar de maand waarin de gebeurtenis plaatsvindt of heeft gevonden. Deze post wordt alleen meegenomen in de schadeberekening van de gewassen. In Figuur 19 is de relatie schadefactor voor gewassen weer gegeven. Hierbij is rekening gehouden met de zaai- en oogst kalender, maar ook met verslemping, uitspoeling van nutriënten en het niet kunnen (voor)bewerken van akkers.

⁷ Let wel, de hersteltijd wegen komt niet automatisch bovenop de inundatieduur.

⁸ Let wel, de hersteltijd bebouwing komt niet automatisch bovenop de inundatieduur.



Figuur 19: Relatie schadefactor en seizoen voor gewassen

Als laatste kan gekozen worden voor minimale, gemiddelde en maximale schadebedragen en functies. Hiermee kan de onzekerheid in de schadebedragen inzichtelijk worden gemaakt. In Tabel 11 staan de schadebedragen per categorie en in Tabel 12 staat een voorbeeld van de totstandkoming van het schadebedrag voor 50 m² begane grond vloer 'bebouwing'.

De resultaten van de berekeningen kunnen online bekeken worden, via Google Maps en Google Earth.

Tabel 11: Concept schadebedragen per categorie

Categorie	DIRECT				INDIRECT			
	Gem	Min	Max		Gem.	Min	Max	
Bebouwing								
Gezondheid	250	150	350	m ⁻²	150	50	250	m ⁻² dag ⁻¹
Onderwijs	250	150	350	m ⁻²	150	50	250	m ⁻² dag ⁻¹
Industrie	250	150	350	m ⁻²	150	50	250	m ⁻² dag ⁻¹
Winkel	250	150	350	m ⁻²	150	50	250	m ⁻² dag ⁻¹
Kantoor	250	150	350	m ⁻²	150	50	250	m ⁻² dag ⁻¹
Logies	250	150	350	m ⁻²	150	50	250	m ⁻² dag ⁻¹
Woon	250	150	350	m ⁻²	10	5	15	m ⁻² dag ⁻¹
Bijeenkomst	250	150	350	m ⁻²	10	5	15	m ⁻² dag ⁻¹
Cel	50	25	75	m ⁻²	10	5	15	m ⁻² dag ⁻¹
Sport	50	25	75	m ⁻²	10	5	15	m ⁻² dag ⁻¹
Overig <50m2	50	25	75	m ⁻²	0	0	0	m ⁻² dag ⁻¹
Overig > 50m2	50	25	75	m ⁻²	10	5	15	m ⁻² dag ⁻¹
INFRASTRUCTUUR								
Primaire wegen	700	700	700	ha ⁻¹	250 000	50 000	500 000	wegvak dag ⁻¹
Secundaire wegen	700	700	700	ha ⁻¹	2 500	1000	5000	wegvak dag ⁻¹
Tertiaire wegen	700	700	700	ha ⁻¹	0	0	0	wegvak dag ⁻¹
LAND- EN AKKERBOUW								
Agrarisch gras	1008	951	1108	ha ⁻¹				m ⁻² dag ⁻¹
Maïs	1923	1575	3071	ha ⁻¹				m ⁻² dag ⁻¹
Aardappelen	6654	2014	14189	ha ⁻¹				m ⁻² dag ⁻¹
Bieten	4120	3387	4702	ha ⁻¹				m ⁻² dag ⁻¹
Granen	931	1557	2410	ha ⁻¹				m ⁻² dag ⁻¹
Overige landbouwgewassen	1633	13367	17459	ha ⁻¹				m ⁻² dag ⁻¹
Kassen / glastuinbouw	398948	326411	818833	ha ⁻¹				m ⁻² dag ⁻¹
Boomgaarden	17 493	16 526	21020	ha ⁻¹				m ⁻² dag ⁻¹
Bloembollen	25 653	22 577	29349	ha ⁻¹				m ⁻² dag ⁻¹
Boomkwekerijen	54 679	50 190	59855	ha ⁻¹				m ⁻² dag ⁻¹
Fruittkwekerijen	17 493	16 526	21020	ha ⁻¹				m ⁻² dag ⁻¹
NATUUR EN RECREATIE								
Begraafplaatsen	1000	800	1200	ha ⁻¹				m ⁻² dag ⁻¹
Volkstuinen	1000	800	1200	ha ⁻¹				m ⁻² dag ⁻¹
Sportparken	1000	800	1200	ha ⁻¹				m ⁻² dag ⁻¹
Recreatie	1000	800	1200	ha ⁻¹				m ⁻² dag ⁻¹
Groen in stedelijk gebied	1000	800	1200	ha ⁻¹				m ⁻² dag ⁻¹
Overig	0	0	0	ha ⁻¹				m ⁻² dag ⁻¹

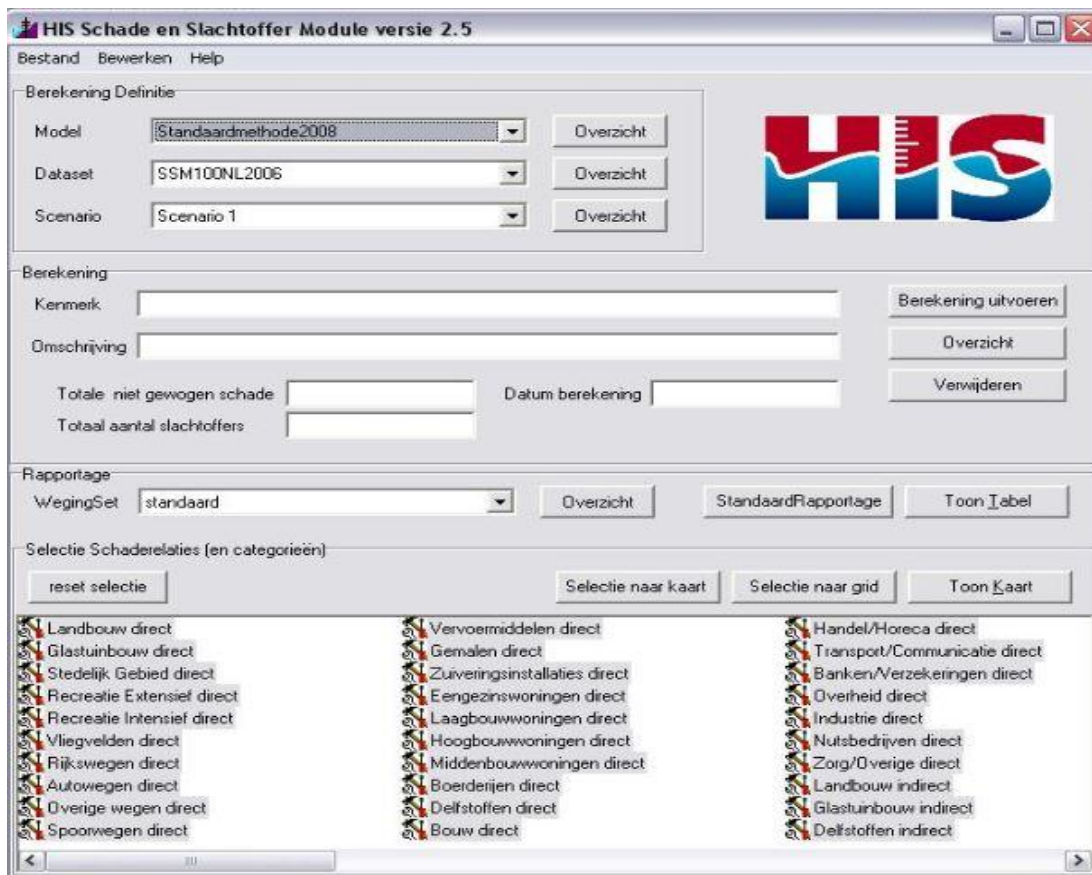
Tabel 12: Geschatte herstelkosten van directe schade voor 50m2 begane grond vloer

	laag	gemiddeld	hoog
1 Huur pomp 1 week	€ 50.-	€ 50.-	€ 50.-
2 Huur waterstofzuiger 1 week	€ 200.-	€ 200.-	€ 200.-
3 Huur 2 bouwdrogers 2 weken	€ 500.-	€ 500.-	€ 500.-
4 Huur opslag 1 maand + transport	€ 500.-	€ 500.-	€ 500.-
5 Verwijderen en afvoeren vloerbedekking e.d.	€ 1 000.-	€ 1 000.-	€ 1 000.-
6 Nieuwe vloerbedekking / parket	€ 1 500.-	€ 5 000.-	€ 9 000.-
7 Vervangen onderkasten keuken	€ 750.-	€ 1250.-	€ 1750.-
8 Reparatie stucwerk / schilderwerk	€ 2000.-	€ 2250.-	€ 2500.-
9 klein materiaal / koelkastinhoud / bank e.d.	€ 1000.-	€ 1750.-	€ 2000.-
Totaal voor 50 m ²	€ 7500.-	€ 12 500.-	€ 17 500.-
Eenheidsprijs per m ²	€ 150.-	€ 250.-	€ 350.-

Bijlage G Werkwijze HIS-SSM

HIS-SSM berekent aan de hand van waterdiepte, stroomsnelheid, stijgsnelheid en evacuatiefactor de economische schade en het mogelijke aantal slachtoffers, als gevolg van een overstroming. In deze bijlage wordt geen aandacht besteed aan de installatie van de module, hierover wordt verwezen naar de gebruikershandleiding van Zwaaftink en Dijkman (2007).

In Figuur 20 staat het hoofdscherm van HIS-SSM weergegeven en bestaat uit drie blokken, namelijk 'Berekening Definitie', 'Berekening' en 'Rapportage'.



Figuur 20: Beginscherm HIS-SSM

Berekening Definitie

De invoer van HIS-SSM is opgebouwd uit drie onderdelen (Figuur 20):

- ❖ **Model:** Hiertoe behoren verwijzingen naar de geografische georiënteerde bestanden, de indeling van de gegevens in schadecategorieën, de schadefuncties, de maximale schadebedragen en de koppeling tussen schadefuncties, schadebedragen en schadecategorieën middels schaderelaties en de eenheid hiervan. De HIS-SSM maakt gebruik van de Standaardmethode (Kok, Huizinga, Vrouwenfelder, & van den Braak, 2005). Hierin zijn landschapskaarten, schadecategorieën, schadebedragen, schadefuncties en de wegingsset⁹ opgenomen. Het is niet mogelijk om (een onderdeel van) de Standaardmethode te veranderen. Als de gebruiker een berekening wil maken met andere gegevens, indelingen of functies, moet een nieuw model worden aangemaakt.

⁹ In de Standaardmethode dient de wegingsfactor van de directe schade en bij schade ten gevolge van bedrijfsuitval altijd een waarde 1 te hebben. Voor de indirecte schade dient de wegingsfactor altijd 0,25 te zijn.

- ❖ **Dataset:** De dataset is een set geografisch georiënteerde gegevens, waarmee de berekening wordt uitgevoerd. De landgebruikkaarten in de HIS-SSM zijn als volgt:
 - CBS Bodemgebruik
 - NWB_w (Nationaal Wegenbestand)
 - NWB_spoor (Nationaal Spoorwegenbestand)
 - Bridgis woningtypen

Het Bridgis-bestand maakt onderscheid tussen 14 verschillende woningtypen. Dit is gedaan omdat bijvoorbeeld een eengezinswoning sneller bezwijkt (bij lagere stroomsnelheid) dan een betonwoning (middenbouw of hoogbouw).
 - Geo-Marktprofiel personen

De inwoners worden in het 'Geo-Marktprofiel personen (6-positie-postcode-niveau)- bestand ingedeeld in twee groepen, bewoners in hoogbouw of laagbouw. Dit maakt het in HIS-SSM mogelijk om te rekenen met onderscheid in hoogbouw en laagbouw.
 - Dunn & Bradstreet bedrijven

Het aantal werknemers binnen een bedrijf is afgeleid uit het Dunn & Bradstreet-bestand. Hierin is onderscheid gemaakt in typen bedrijven met behulp van de SIC-code (Standard Industrial Classification).
 - WIS (Waterstaatkundig informatie systeem)

In het WIS zijn de zuiveringsinstallaties, gemalen etc. opgenomen.
- ❖ **Scenario¹⁰:** Om de verwachte economische schade en het verwachte aantal slachtoffers te kunnen berekenen dient een scenario te worden samengesteld. Deze bestaat uit een verzameling gegevens die betrekking hebben op de (virtuele) overstroming (Figuur 21):

Figuur 21: Invoer scenarioscherm HIS-SSM

¹⁰ Alle gegevensbestanden die worden gebruikt in een scenario behoren in één en dezelfde directory te staan.

- Maximale waterdiepte per locatie;
Een rasterbestand met waterstand t.o.v. NAP i.c.m. de bodemhoogte t.o.v. NAP is ook mogelijk.
- Stroomsnelheid;
Schade en slachtoffers kunnen worden veroorzaakt door hoge stroomsnelheden. De stroomsnelheid kan zowel als grid als vaste waarde worden ingevoerd.
- Stijgsnelheid;
Slachtoffers kunnen vallen door zowel waterstanden, stroomsnelheden als stijgsnelheden. De stijgsnelheid kan zowel als grid als vaste waarde worden ingevoerd.
- Evacuatiefactor;
Het aantal slachtoffers en de schade aan voertuigen is afhankelijk van het aantal mensen dat geëvacueerd is in geval van een (dreigende) overstroming. Voor het berekenen van het aantal slachtoffers wordt het berekende aantal slachtoffers vermenigvuldigd met $|1 - \text{evacuatiefactor}|$. Op dezelfde wijze wordt de schade aan voertuigen berekend. Factor '1' betekent dat alle mensen in het gebied preventief geëvacueerd zijn en factor '0' betekent dat niemand het gebied verlaten heeft. De evacuatiefactor kan zowel als grid als vaste waarde worden ingevoerd.
- Hoogbouw veilig;
De gebruiker heeft de mogelijkheid om optie 'hoogbouw veilig' te selecteren. Bij het aanvinken van deze optie worden inwoners in hoogbouw veilig verondersteld.
- Gewenst prijspeil.
De schadebedragen zijn weergegeven in euro's van 2000, dit is het initiële prijspeil. Indien de gebruiker voor een ander jaar de schade wil bepalen worden de schadebedragen gecorrigeerd met een inflatiepercentage van 2% per jaar.

Berekening

In het blok van de 'Berekening' staan de volgende gegevens weergegeven (Figuur 20)

- ❖ **Kenmerk:** Het kenmerk van de berekening is een door de gebruiker toegekende naam. De 'datum van de berekening' wordt automatisch opgeslagen ter identificatie van een berekening.
- ❖ **Omschrijving:** In het veld "omschrijving" is de door de gebruiker ingevoerde omschrijving van de berekening weergegeven. Als de geselecteerde berekening al is uitgevoerd, verschijnen in het veld 'totale schade' en 'totaal aantal slachtoffers' de berekende verwachte schade en het verwachte aantal slachtoffers.
- ❖ **Berekening uitvoeren¹¹:** De berekening wordt uitgevoerd als een model, dataset en een scenario is gekozen en de berekening is voorzien van een unieke naam. Tijdens het uitvoeren wordt de gebruiker op de hoogte gehouden van de voortgang van de berekening. Er wordt melding gemaakt of de berekening wel of niet geslaagd is. Verder kan de berekening tussentijds worden afgebroken met de 'Afbreken'. Als laatste kan door op 'Overzicht' te klikken een overzicht van de uitgevoerde berekeningen worden verkregen.

Rapportage

Het resultaat van een berekening kan op drie verschillende wijzen worden uitgevoerd. Er dient wel eerst een wegingset te worden gekozen.

- 1) **Tabel:** In de tabel is de schaderelatie en het aantal slachtoffers behorende bij de berekening opgenomen.

¹¹ Voor het uitvoeren van een berekening dient een punt als decimaal teken te een komma als duizendtal in de instellingen vastgelegd te zijn.

- 2) **GIS-bestand:** Het GIS-bestand bestaat uit een kleurenkaart en is bedoeld om het resultaat van een berekening visueel te kunnen beoordelen.
- 3) **Standaardrapportage:** De standaardrapportage bevat naast de gegevens die in de tabel worden opgenomen een kleurenkaart met de schade en een kleurenkaart met de verschillende oorzaken voor slachtoffers (stijgsnelheid, stroomsnelheid, etc.).

De gehanteerde schadebedragen in de HIS-SSM staan in Tabel 13.

Tabel 13: Schadebedragen HIS-SSM

	<i>Schadecategorie</i>	<i>Eenheid</i>	<i>Maximaal schadebedrag (€)</i>
Grondgebruik	Landbouw direct	m ²	1,50
	Landbouw indirect	m ²	1,60
	Glastuinbouw direct	m ²	40
	Glastuinbouw indirect	m ²	4
	Stedelijk gebied direct	m ²	49
	Oppervlaktewater direct	m ²	0
	Intensieve recreatie direct	m ²	11
	Extensieve recreatie direct	m ²	9
	Vliegvelden direct	m ²	120
	Vliegvelden b.u.	m ²	36
Infrastructuur	Rijkswegen direct	m	1 450
	Autowegen direct	m	980
	Overige wegen direct	m	270
	Spoorwegen direct	m	25 150
Huishoudens	Spoorwegen b.u.	m	151
	Laagbouwwoning	stuk	172 000
	Middenbouw-woning	stuk	172 000
	Hoogbouwwoning	stuk	172 000
	Eengezinswoning	stuk	241 000
	Boerderij	stuk	402 000
	Vervoermiddelen	stuk	6 510
Bedrijven	Delfstofwinning direct	abp	1 820 000
	Delfstofwinning indirect	abp	84 000
	Delfstofwinning b.u.	abp	116 000
	Industrie direct	abp	279 000
	Industrie indirect	abp	62 000
	Industrie b.u.	abp	70 000
	Nutsbedrijven direct	abp	620 000
	Nutsbedrijven indirect	abp	112 000
	Nutsbedrijven b.u.	abp	163 000
	Bouw direct	abp	10 000
	Bouw indirect	abp	45 000
	Bouw b.u.	abp	26 000
	Handel, horeca direct	abp	20 000
	Handel, horeca indirect	abp	3 500
	Handel, horeca b.u.	abp	7 500
	Banken, verzekeringswezen direct	abp	90 000
	Banken, verzekeringswezen indirect	abp	7 000
	Banken, verzekeringswezen b.u.	abp	14 000
	Transport, communicatie direct	abp	75 000
	Transport, communicatie indirect	abp	6 400
	Transport, communicatie b.u.	abp	11 200

	Schadecategorie	Eenheid	Maximaal schadebedrag (€)
	Zorg, overige direct	abp	20 000
	Zorg, overige indirect	abp	3 400
	Zorg, overige b.u.	abp	6 300
	Overheid direct	abp	60 000
	Overheid indirect	abp	2 200
	Overheid b.u.	abp	9 200
Overig	Gemalen	Stuk	747 200
	Zuiveringsinstallatie	Stuk	10 853 000
Slachtoffers	Bewoners	Persoon	n.v.t.]

Voor de bovenstaande tabel gelden de volgende afkortingen:

b.u. : bedrijfsuitval

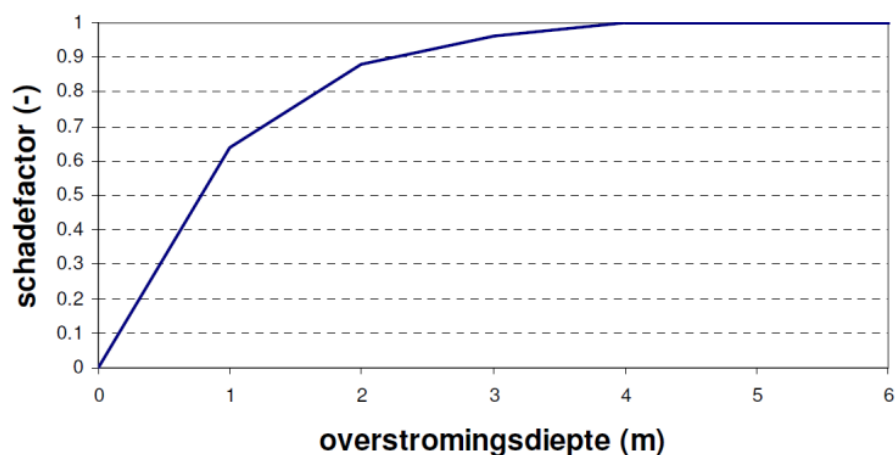
abp : arbeidsplaats

Een voorbeeld van een gebruikte functie voor een reductiefactor staat in Figuur 22. Deze figuur heeft betrekking op landbouw en recreatie, en de reductiefactor wordt berekend met vergelijking 3:

$$\alpha_{\text{landbouw en recreatie}} = \text{MIN}(d, 0.24d + 0.4, 0.07d + 0.75, 1) \quad (3)$$

De reductiefactor is dus de minimale waarde van de drie verschillende componenten die tussen de haakjes staan waarin d staat voor de overstromingsdiepte. Maximaal kan een reductiefactor de waarde 1 opleveren.

schadefactor landbouw en recreatie



Figuur 22: Schadefactor landbouw en recreatie HIS-SSM

Bijlage H Omzetting waterdiepte naar waterstand t.o.v. NAP.

De uitvoer van de overstromingssimulatie in Sobek is een rasterbestand met de waterdiepte (m). De WSS is alleen in staat om te rekenen met waterstanden t.o.v. NAP. Dit betekent dat de uitvoer van Sobek dient te worden omgezet naar waterstanden t.o.v. NAP. Dit kan gedaan worden door de waterdiepten (m) op te tellen bij het hoogtemodel (m) t.o.v. NAP. Deze handeling is gedaan met behulp van een Matlab script. Voorbeeld in Figuur 23 met 96 overstromingsuren in simulatie:

```
clear, clc

Waterdiepte_Lauwersmeergebied_96 = importdata('96uur_overstroming.asc', '%s');
[Waterdiepte_Lauwersmeergebied_96]=textread('96uur_overstroming.asc','','headerlines', 6)

Hoogte_Lauwersmeergebied = importdata('Lauwersmeergebied_meter.asc', '%s');
[Hoogte_Lauwersmeergebied]=textread('Lauwersmeergebied_meter.asc','','headerlines',6);

NAP_Lauwersmeergebied_96 = Waterdiepte_Lauwersmeergebied_96 + Hoogte_Lauwersmeergebied;
NAP_Lauwersmeergebied_96(NAP_Lauwersmeergebied_96<-100)=-9999;

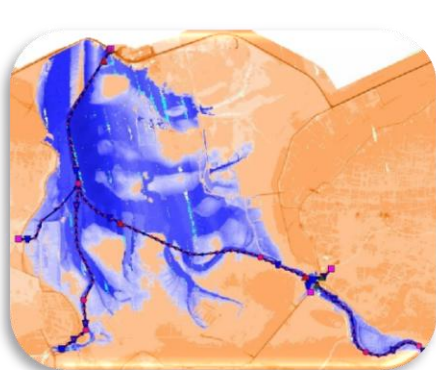
dlmwrite('NAP_Lauwersmeergebied_96.asc',NAP_Lauwersmeergebied_96,'delimiter', '\t', 'precision', 6);
```

Figuur 23: Matlab script omzetten waterdiepte naar waterstand t.o.v. NAP

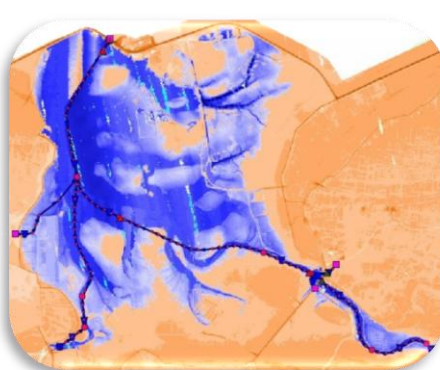
Het resultaat is een nieuw ASCII-bestand met waterstanden t.o.v. NAP die als invoer fungeert voor de WSS.

Bijlage I Gevoeligheidsanalyse WSS Lauwersmeergebied

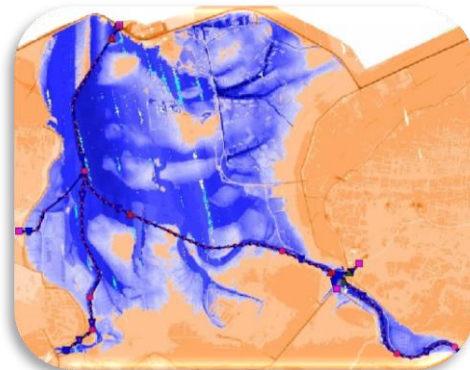
In deze bijlage wordt een gevoeligheidsanalyse van de schadeberekening uit de WSS uitgevoerd in het Lauwersmeergebied, als gevolg van een overstroming vanuit het Lauwersmeer. Hierin wordt gedemonstreerd wat de effecten zijn van de verschillende aannames, die gedaan moeten worden binnen de WSS. De analyse wordt achtereenvolgens uitgevoerd met de rasterbestanden met waterdiepten (m) uit Sobek (zie ook figuren 27 t/m 29), omgezet naar waterstanden (m) ten opzichte van NAP, na 2, 3 en 4 dagen van overstromingssimulatie¹².



Figuur 24: Scenario kort (simulatie 2 dagen)

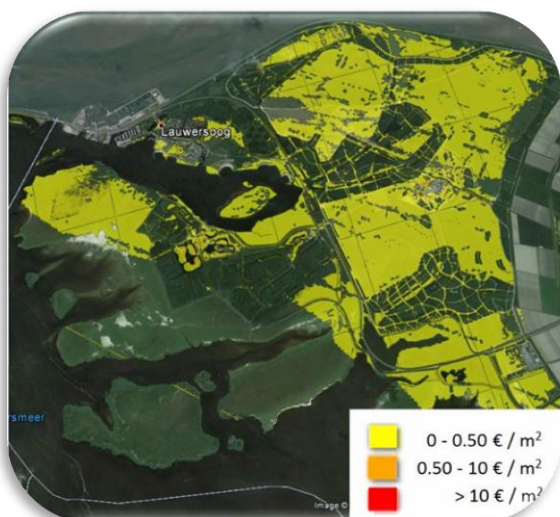


Figuur 25: Scenario middel (simulatie 3 dagen)

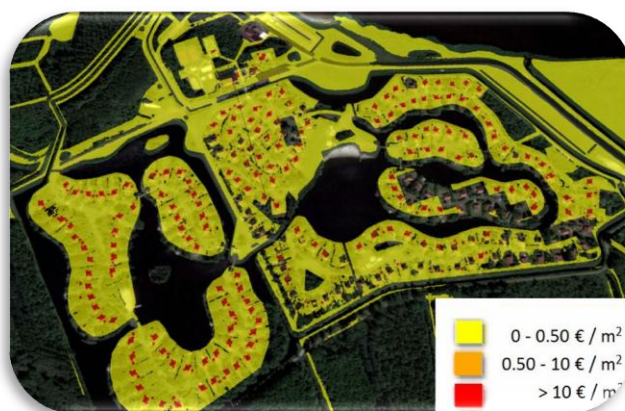


Figuur 26: Scenario lang (simulatie 4 dagen)

In Figuur 27 en Figuur 28 is de schade te zien in verschillende gradaties¹³. Te zien zijn schades aan gebouwen, wegen etc. Wanneer andere aannames gedaan worden, zullen de schadecategorieën veranderen en ook de daar bijbehorende schadebedragen.



Figuur 27: Overzicht schade Lauwersmeergebied



Figuur 28: Schade bungalowpark Suyderoogh

¹² Let op: dit is de duur waarmee in Sobek is gesimuleerd. Een betrouwbare schatting over de snelheid van overstromen kan niet gedaan worden.

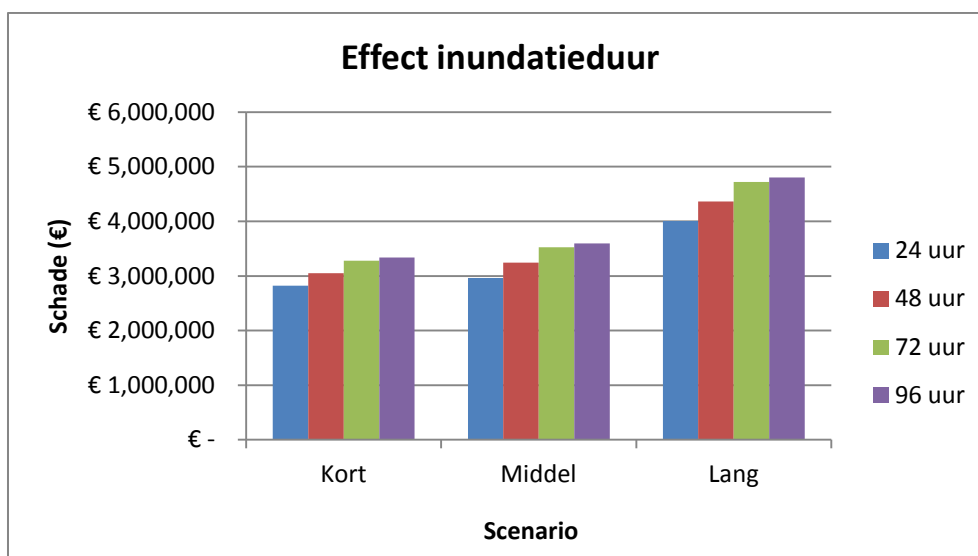
¹³ Dit is figuur voor scenario 'lang' met inundatieduur 48 uur, hersteltijd wegen/bebouwing, 0 uur, maand september en gemiddelde schadebedragen en functies.

In de paragrafen hierna wordt in figuren uiteengezet welke aannames de meeste invloed hebben op de berekende schade¹⁴. Er wordt gevarieerd met de aannames, en door de andere factoren constant te houden, wordt een beeld verkregen van de invloed per aanname. Het standaard scenario is als volgt:

- ❖ Inundatieduur: 48 uur
- ❖ Hersteltijd wegen: 0 dagen
- ❖ Hersteltijd bebouwing: 0 dagen
- ❖ Maand gebeurtenis: september
- ❖ Schadebedragen/funcities: gemiddeld

Aanname inundatieduur overstroming

In Figuur 29 is gevarieerd met de inundatieduur van de overstroming en het effect hiervan op de schade.



Figuur 29

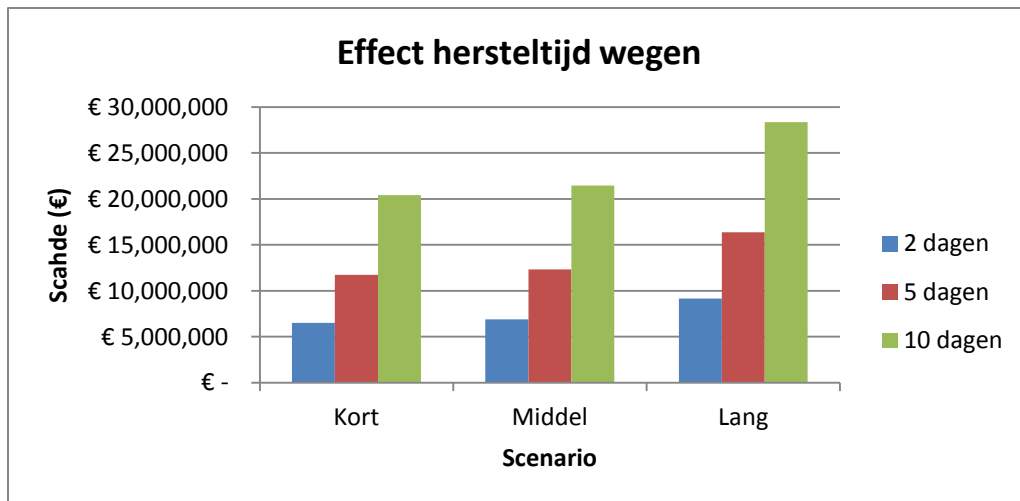
Bevindingen

In Figuur 29 valt op dat er relatief weinig verschil zit in de uitkomsten met betrekking tot de duur van de overstroming. De inundatieduur heeft voornamelijk invloed op gewassen en deze zijn in het onderzochte gebied niet overmatig aanwezig. In dit geval stijgt de schade vooral aan gewassen en de categorie 'gras overig'.

Aanname hersteltijd wegen

In Figuur 30 is gevarieerd met de hersteltijd van wegen en het effect hiervan op de schade.

¹⁴ Let wel, dit is een gevoeligheidsanalyse voor het Lauwersmeergebied, een natuurlijke omgeving, en is niet direct representatief voor een ander gebied.



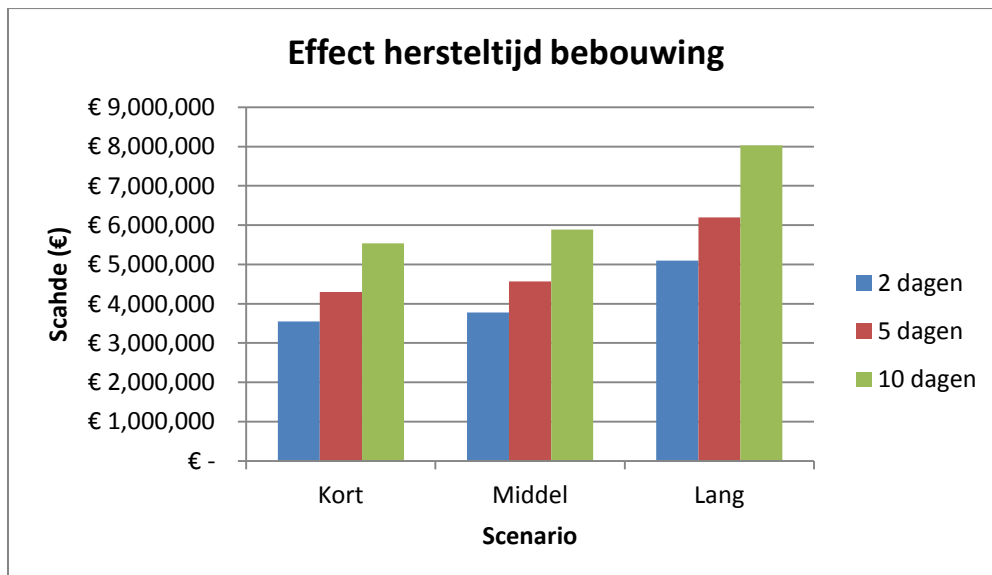
Figuur 30

Bevindingen

In Figuur 30 valt een zeer groot verschil op in de berekende schade. De verklaring hiervoor is dat in het onderzochte gebied een weg ligt in de categorie 'primaire weg'. Door de primaire weg en een aantal secundaire wegen stijgt de *indirecte* schade aanzienlijk. Aannemelijk is dan ook, dat een schadeberekening in een meer stedelijk gebied en/of in een gebied waar zich veel primaire en secundaire wegen bevinden, deze aanname van zeer groot belang is.

Aanname hersteltijd bebouwing

In Figuur 31 is gevarieerd met de hersteltijd van gebouwen en het effect hiervan op de schade.



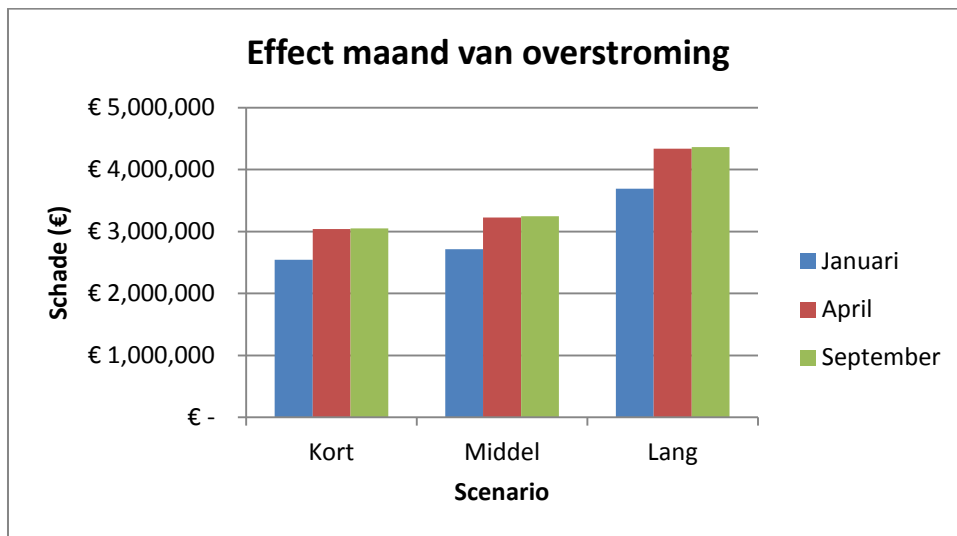
Figuur 31

Bevindingen

In Figuur 31 valt een relatief groot verschil op in de berekende schade. Dit komt met name op conto van de vakantiehuisjes in het park Suyderoogh. De piek van de schade ligt dan ook in de categorie 'woonfunctie' en is gelegen in het midden van het studiegebied. Bij een overstroming in stedelijk gebied is deze aanname van groot belang op de uiteindelijk berekende economische schade.

Aanname maand van overstroming

In Figuur 32 is gevarieerd met de maand van overstroming en het effect hiervan op de schade.



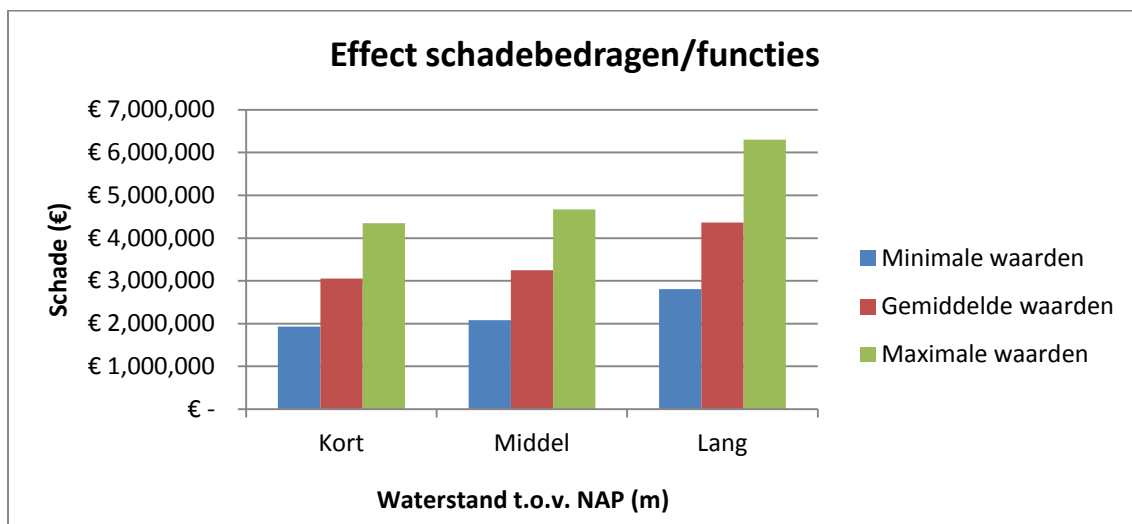
Figuur 32

Bevindingen

In Figuur 32 valt op dat de maand van de wateroverlast relatief weinig van invloed is op de schade. De maand van de wateroverlast heeft alleen betrekking op de gewassen en hierdoor is alleen een verschil te zien tussen de zomer- en wintermaanden. In een gebied waar geen of weinig landbouw wordt bedreven zal deze aanname nauwelijks van invloed zijn op het resultaat.

Aanname schadebedragen/functies

In Figuur 33 is gevarieerd met de schadebedragen en het effect hiervan op de schade.



Figuur 33

Bevindingen

In Figuur 33 is, zoals was te verwachten, een gelijke spreiding in de schades te zien. Hier wordt de onzekerheid in de schadebedragen en functies goed gedemonstreerd. Dit is niet echt een aanname, maar meer een 'tool' om de onzekerheid in de schade te bepalen. Aangeraden wordt om deze in elke situatie toe te passen om zo de gevoeligheid van de berekende schade te bepalen.

Bijlage J Gedetailleerde uitkomst WSS

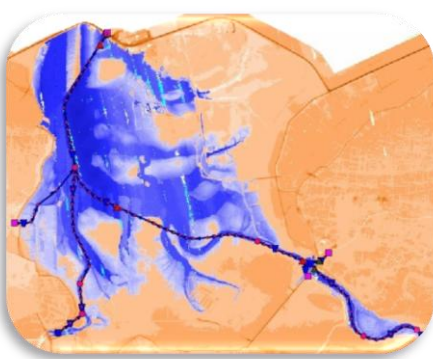
Resultaten berekening scenario lang

Schadetabel
standaard
Duur overlast
96 uur
Hersteltijd wegen
5 dag(en)
Hersteltijd bebouwing
10 dag(en)
Maand gebeurtenis
september

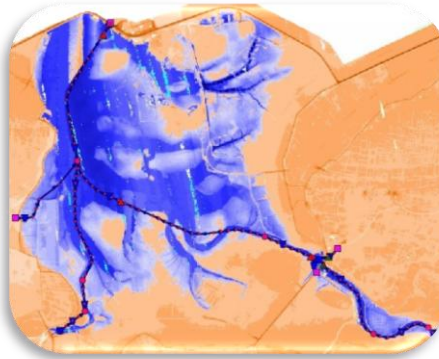
Categorie	Oppervlakte met schade	Schade
Totaal	2262.3 ha	€ 20.473.386,-
Woonfunctie	1.2 ha	€ 3.511.636,-
Industriefunctie	0.0 ha	€ 503.448,-
Kantoorfunctie	0.0 ha	€ 280.139,-
Logiesfunctie	0.0 ha	€ 87.121,-
Bijeenkomstfunctie	0.0 ha	€ 749,-
Sportfunctie	0.0 ha	€ 17.956,-
Overig kleiner dan 50 m2 (schuurtjes)	0.3 ha	€ 137.641,-
Overig groter dan 50 m2 (bedrijfspanen)	1.8 ha	€ 2.502.728,-
Primaire wegen	0.8 ha	€ 8.750.456,-
Secundaire wegen	19.8 ha	€ 3.263.133,-
Tertiaire wegen	97.7 ha	€ 67.368,-
Begraafplaats	0.1 ha	€ 86,-
Agrarisch Gras	279.2 ha	€ 122.281,-
Mais	6.1 ha	€ 11.620,-
Aardappelen	43.7 ha	€ 87.418,-
Bieten	41.5 ha	€ 169.647,-
Granen	81.0 ha	€ 54.630,-
Overige akkerbouw	29.3 ha	€ 169.384,-
Gras overig	1623.3 ha	€ 706.052,-
Woongebied	1.5 ha	€ 947,-
Winkelgebied	0.0 ha	€ 0,-
Bedrijventerrein	15.4 ha	€ 10.541,-
Sportterrein	2.0 ha	€ 1.233,-
Recreatief terrein	17.5 ha	€ 17.159,-
Begraafplaats	0.0 ha	€ 11,-

Bijlage K Gevoeligheidsanalyse HIS-SSM Lauwersmeergebied

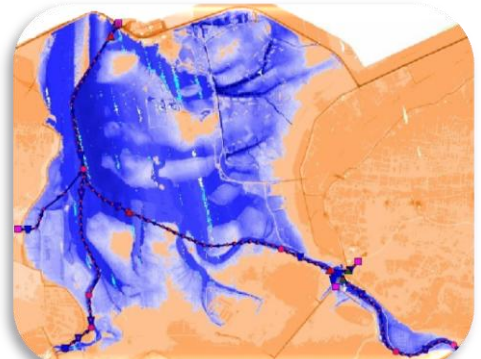
In deze bijlage wordt een gevoeligheidsanalyse van de schadeberekening uit HIS-SSM uitgevoerd in het Lauwersmeergebied, als gevolg van een overstroming vanuit het Lauwersmeer. Hierin wordt gedemonstreerd wat de effecten zijn van de verschillende aannames die gedaan kunnen worden binnen de HIS-SSM. De analyse wordt achtereenvolgens uitgevoerd met de rasterbestanden met waterdiepten (m) uit Sobek (zie ook figuren 37 t/m 39), na 2, 3 en 4 dagen van overstromingssimulatie¹⁵



Figuur 37: Scenario kort (2 dagen)



Figuur 38: Scenario middel (3dagen)



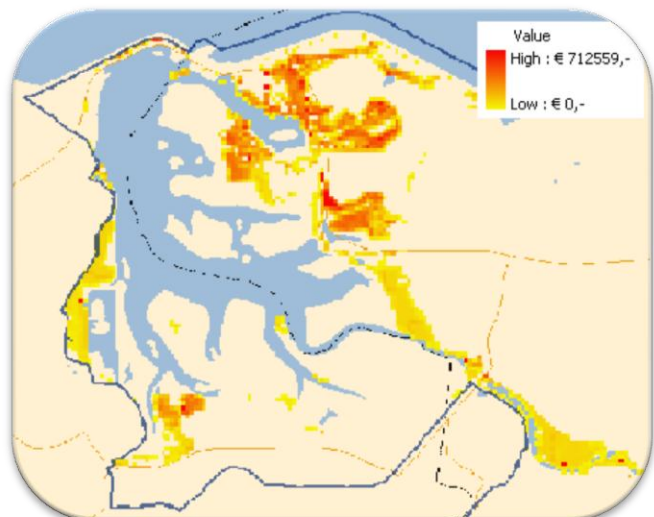
Figuur 39: Scenario lang (4 dagen)

In de HIS-SSM kunnen een drietal aannames worden gedaan, namelijk voor de stroomsnelheid, stijgsnelheid en de evacuatiefactor. In de paragrafen hierna wordt in figuren uiteengezet welke aannames de meeste invloed hebben op de berekende schade¹⁶. Er wordt gevarieerd met de aannames, en door de andere factoren constant te houden wordt een beeld verkregen van de invloed per aanname. Het standaard scenario is als volgt:

- ❖ Stroomsnelheid: 0 m/s
- ❖ Stijgsnelheid: 0 m/uur
- ❖ Evacuatiefactor: 0 (-)

De stroom- en stijgsnelheid kunnen beide van invloed zijn op het aantal slachtoffers en de schade aan voertuigen, gekozen is daarom voor een evacuatiefactor van 0 (-).

Een voorbeeld van de schade afkomstig van de HIS-SSM is te zien in Figuur 40¹⁷. Hier is de schade te zien in verschillende gradaties met celgrootte van 100 x 100. Wanneer andere aannames gedaan worden, zullen de schadecategorieën veranderen en ook de daar bijbehorende schadebedragen.



Figuur 40: Overzicht schade HIS-SSM

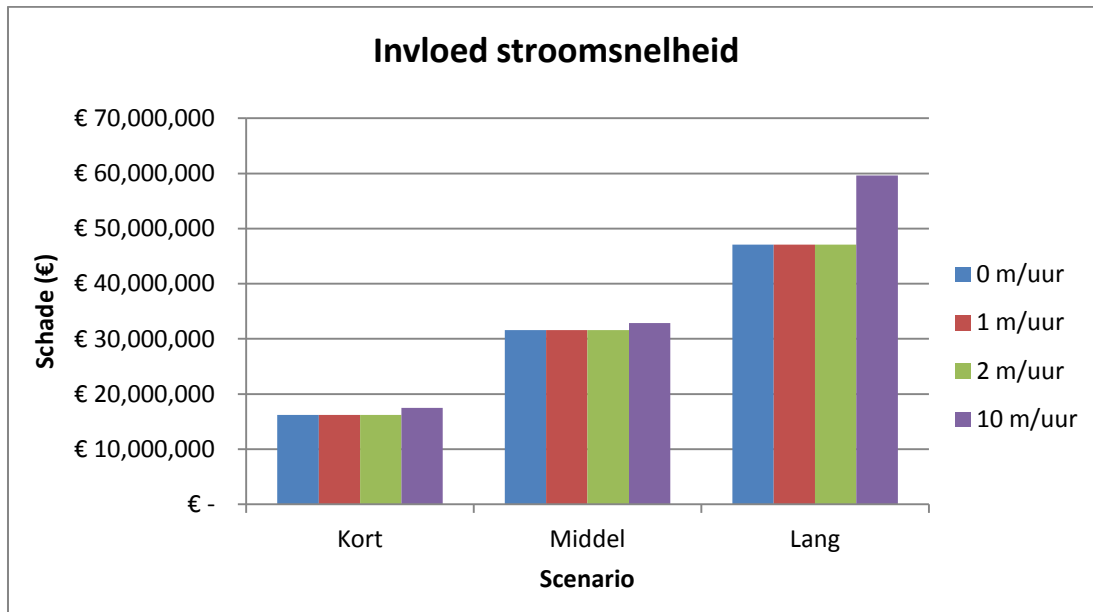
¹⁵ Let op: dit is de duur waarmee in Sobek is gesimuleerd. Een betrouwbare schatting over de snelheid van overstromen kan niet gedaan worden.

¹⁶ Let wel, dit is een gevoeligheidsanalyse voor het Lauwersmeergebied, een natuurlijke omgeving, en is niet direct representatief voor een ander gebied.

¹⁷ Dit is figuur voor scenario 'lang' met stroomsnelheid 0 m/s, stijgsnelheid 0 m/uur en evacuatiefactor 0 (-).

Aanname stroomsnelheid

In Figuur 41 is gevarieerd met de stroomsnelheid van de overstroming en het effect hiervan op de schade.



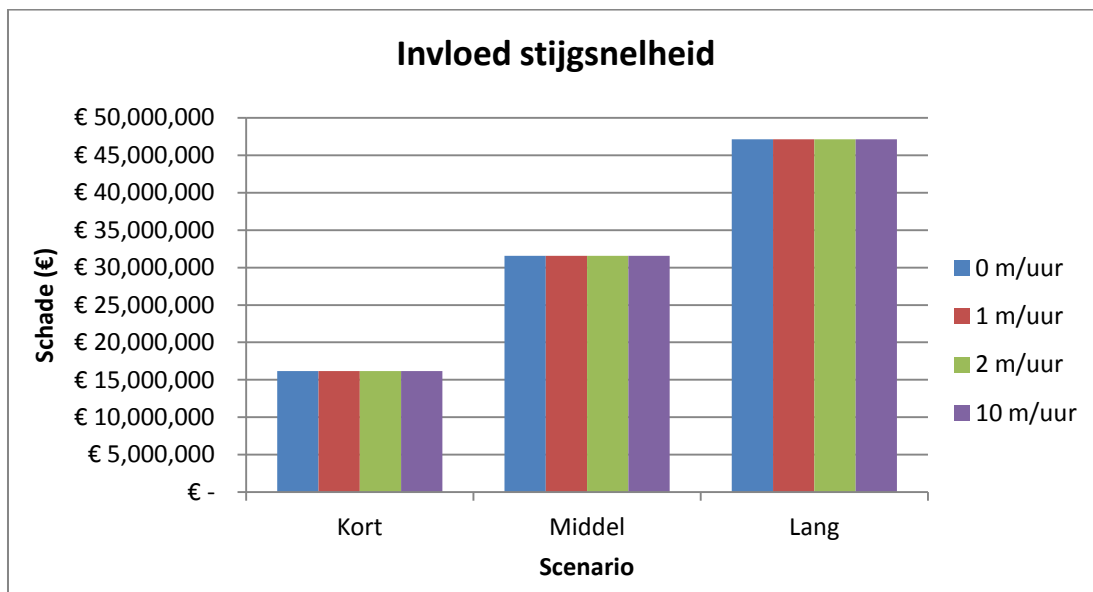
Figuur 41

Bevindingen

De invloed op de schade als gevolg van hoge stroomsnelheden, zijn pas merkbaar na een snelheid van meer dan 2 m/s en heeft met name gevolgen voor schade aan gebouwen.

Aanname stijgsnelheid

In Figuur 42 is gevarieerd met de stijgsnelheid van de overstroming en het effect hiervan op de schade.



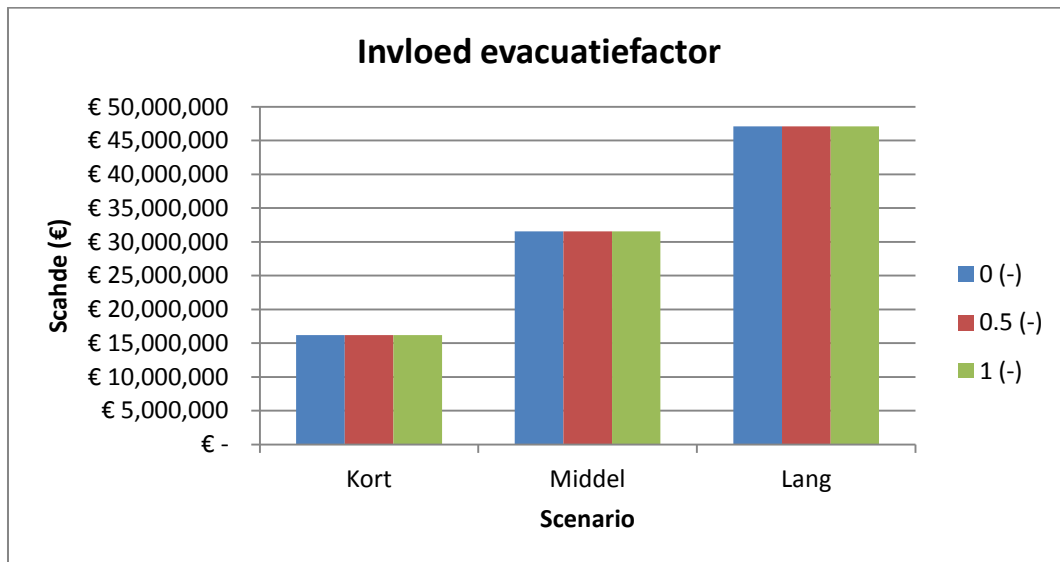
Figuur 42

Bevindingen

De stijgsnelheid bij HIS-SSM heeft geen invloed op de schade aan het gebied, maar wel op het aantal slachtoffers dat kan vallen. Uit Figuur 42 blijkt dat in deze casus, de stijgsnelheid geen invloed heeft op de schade en het aantal slachtoffers. Dit heeft waarschijnlijk te maken met het feit dat de waterdiepte slechts enkele decimeters bedraagt.

Aanname evacuatiefactor

In Figuur 43 is gevarieerd met de evacuatiefactor voor het gebied en het effect hiervan op de schade.



Figuur 43

Bevindingen

Uit Figuur 43 blijkt dat de evacuatiefactor nauwelijks invloed heeft op de totale schade. Dit komt doordat in het Lauwersmeergebied relatief weinig mensen wonen en daardoor ook relatief weinig mensen getroffen zullen worden door de overstroming.

Bijlage L Gedetailleerde uitkomst HIS-SSM



Overzicht HIS-SSM

Berekening: Standaardmethode2008_SSM100NL2006_Scenario_lang

Omschrijving: Scenario_lang

Datum: 15-2-2014 20:30:46

Model: Standaardmethode2008

Dataset: SSM100NL2006

Scenario: Scenario_lang

Wegingset: standaard

Details van scenario

Locatie op schijf: C:\Program Files\HIS-SSMv2.5\data\dataset\

Waterdiepte [m]: 92uur.asc

Stijgsnelheid [m/uur]: 0

Stroomsnelheid [m/s]: 0

Hoogbouw veilig: N

Evacuatiefactor [-]: 1

Initieel prijspeil [jaartal]: 2000

Gehanteerd prijspeil [jaartal]: 2014

Gehanteerd inflatiecijfer [%]: 2% per jaar

Resultaat Schade

Schade: 47.114.684 Euro

Totaal aantal slachtoffers: 0 Pers

Inwoners in beschouwd gebied

Aantal inwoners in beschouwd gebied: 514 Pers

Aantal inwoners in laagbouw in beschouwd gebied: 514 Pers

Aantal inwoners in hoogbouw in beschouwd gebied: 0 Pers

Aantal evacuees uit beschouwd gebied: 514 Pers

Inwoners in overstroomd gebied (getroffenen)

Aantal inwoners in overstroomd gebied: 100 Pers

Aantal inwoners in laagbouw in overstroomd gebied: 100 Pers

Aantal inwoners in hoogbouw in overstroomd gebied: 0 Pers

Oorzaak slachtoffers

Aantal slachtoffers in breszone: 0 Pers

Aantal slachtoffers in stijgsnelheidzone: 0 Pers

Aantal slachtoffers in overgangszone: 0 Pers

Aantal slachtoffers door overige oorzaken: 0 Pers

Totaal

Schaderelatie	Soort	Schade(prijspeil 2014)	Aantal "nat"	Eenh.	Wegingsfactor
Landbouw	direct	4082431	4538845	m2	1,00
Glastuinbouw	direct	0	0	m2	1,00
Stedelijk Gebied	direct	3398596	88844	m2	1,00
Recreatie Extensief	direct	26459598	5024669	m2	1,00
Recreatie Intensief	direct	6166221	1081491	m2	1,00
Vliegvelden	direct	0	0	m2	1,00
Rijkswegen	direct	0	0	m	1,00
Autowegen	direct	1596801	7572	m	1,00
Overige wegen	direct	946463	18474	m	1,00
Spoorwegen	direct	0	0	m	1,00
Vervoermiddelen	direct	0	42	stuk	1,00
Gemalen	direct	1989575	5	stuk	1,00
Zuiveringsinstallaties	direct	0	0	stuk	1,00
Eengezinswoningen	direct	1142111	43	stuk	1,00
Laagbouwwoningen	direct	0	0	stuk	1,00
Hoogbouwwoningen	direct	0	0	stuk	1,00
Middenbouwwoningen	direct	0	0	stuk	1,00
Boerderijen	direct	0	0	stuk	1,00
Delfstoffen	direct	0	0	abp	1,00
Bouw	direct	0	0	abp	1,00
Handel/Horeca	direct	55418	21	abp	1,00
Transport/Communicatie	direct	103711	2	abp	1,00
Banken/Verzekeringen	direct	11875	1	abp	1,00
Overheid	direct	15834	2	abp	1,00
Industrie	direct	0	0	abp	1,00
Nutsbedrijven	direct	0	0	abp	1,00
Zorg/Overige	direct	0	0	abp	1,00
Landbouw	indirect	1102256	4538845	m2	0,25
Glastuinbouw	indirect	0	0	m2	0,25

Delfstoffen	indirect	0	0	abp	0,25
Bouw	indirect	0	0	abp	0,25
Handel/Horeca	indirect	2425	21	abp	0,25
Transport/Communicatie	indirect	448	2	abp	0,25
Banken/Verzekeringen	indirect	231	1	abp	0,25
Overheid	indirect	145	2	abp	0,25
Industrie	indirect	0	0	abp	0,25
Nutsbedrijven	indirect	0	0	abp	0,25
Zorg/Overige	indirect	0	0	abp	0,25
Vliegvelden	b.u.	0	0	m2	1,00
Spoorwegen	b.u.	0	0	m	1,00
Delfstoffen	b.u.	0	0	abp	1,00
Bouw	b.u.	0	0	abp	1,00
Handel/Horeca	b.u.	20782	21	abp	1,00
Transport/Communicatie	b.u.	15488	2	abp	1,00
Banken/Verzekeringen	b.u.	1847	1	abp	1,00
Overheid	b.u.	2428	2	abp	1,00
Industrie	b.u.	0	0	abp	1,00
Nutsbedrijven	b.u.	0	0	abp	1,00
Zorg/Overige	b.u.	0	0	abp	1,00

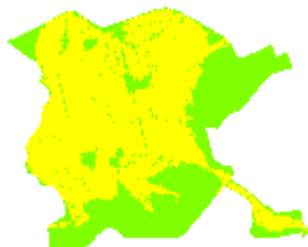
Kwalitatieve resultaten

Schaderelatie: Autowegen <indirect>

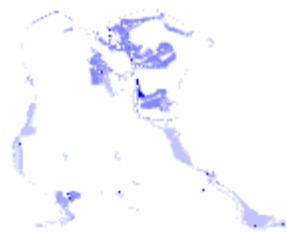
WEGNUMMER **aantal nat [m]**

N361 7.511

N388 61



Oorzaakgrid



Totale schade in het gebied

Bijlage M LNC-waarden

De kwaliteiten van landschap, natuur en cultuurhistorie worden meestal samengevat onder de noemer LNC-waarden. Elk van deze termen omvat meerdere aspecten, maar is geen uniformiteit in het gebruik daarvan. In het rapport van Nieuwenhuizen et al. (2003) wordt op basis van een korte literatuurstudie aangegeven, welke aspecten van landschap, natuur en cultuurhistorie belangrijk zijn in het algemeen (Tabel 14):

Tabel 14: Aspecten LNC-waarden

Landschap	Natuur	Cultuurhistorie
❖ Aardkundige waarden ❖ Opgaande begroeiing ❖ Landgebruik	❖ Vegetatie ❖ Herpetofauna ❖ Vogels ❖ Zoogdieren ❖ Zoetwaterecosystemen	❖ Archeologie ❖ Historische geografie ❖ Historische bouwkunde

Samen geven deze een beeld van de LNC-waarden en zouden een compleet beeld kunnen geven van de effecten van overstroming daarop.

De aspecten van de LNC-waarden worden hieronder kort uiteengezet (Nieuwenhuizen, et al., 2003):

Landschap

▪ Aardkundige waarden

Aardkundige waarden kunnen bij een overstroming verdwijnen onder een laag slib. Dit geldt voornamelijk voor patronen van terreinvormen met een kleinschalig reliëf. Een positief effect van een overstroming is het ontstaan van nieuwe reliëfpatronen door erosie en sedimentatie bij hoge stroomsnelheden in de nabijheid van een bres in de dijk, of bij sterke getijdenwerking.

▪ Opgaande begroeiing

Langdurige overstroming kan een grote sterfte onder opgaande begroeiing (bomen en struiken in bossen en lijnvormige beplantingen) tot gevolg hebben. Hierbij moet wel onderscheid worden gemaakt tussen verschillende boomsoorten. Zo zijn wilgen en populieren veel beter bestand tegen een overstroming dan eiken en beuken.

▪ Landgebruik

Landgebruik lijkt geen blijvende schade te ondervinden van een overstroming. Zelfs het zout dat bij een overstroming met zout water in de bodem terecht komt, blijkt na een periode van 1 tot 4 jaar weer te zijn uitgespoeld door het neerslagoverschot in Nederland.

Natuur

▪ Vegetatie

Er is geen ervaring met de effecten op vegetatie. Gevreesd wordt dat vooral (matig) voedselarme vegetaties onherstelbare schade ondervinden door verrijking met voedingsstoffen en aanslibbing. Het betreft blauwgraslanden, trilvenen en laagmoerassen. Het heeft veel invloed in welke periode van het jaar de overstroming plaatsvindt en ook of het om zee- of zoetwater gaat.

- **Herpetofauna**

Langdurige overstroming kan de totale populatie van bijvoorbeeld de ringslang in Zuid-Holland doen verdwijnen. Aanvulling van de populatie na de overstroming zal niet of nauwelijks op kunnen treden. Dit is een voorbeeld, maar van andere gevolgen is weinig bekend.

- **Vogels**

Overstroming kan onder de vogelpopulatie tot enorme schade leiden, bijvoorbeeld bij grutto's waarvoor het dijkkringgebied Noord-Holland een van de belangrijkste broedgebieden in de wereld is. Bij een overstroming in het broedseizoen kunnen de grutto's niet elders terecht, zodat een groot deel van de populatie verloren zal gaan en ook het herstel niet snel zal plaatsvinden.

- **Zoogdieren**

Overstroming kan tot grote sterfte leiden onder de zoogdieren, vooral onder kleine en middelgrote soorten. Populaties kunnen zich weer herstellen door herkolonisatie, maar de kolonisationsnelheid is afhankelijk van de al dan niet geïsoleerde ligging van leefgebieden, en kan al snel meer dan 20 jaar bedragen.

- **Zoetwaterecosystemen**

Zout water vernietigt hele zoetwaterecosystemen. Voedselrijk water heeft dramatische effecten in (matig) voedselarme wateren. Nadere analyse is nodig gezien de complexiteit van deze systemen en de gebrekkige kennis over de spreiding van sommige soorten.

Cultuurhistorie

- **Archeologie**

De effecten op archeologische waarden in de bodem zijn op dit moment, door experts van de Rijksdienst voor Oudheidkundig Bodemonderzoek (ROB), niet te benoemen. Een uitzondering hierop is het effect van overstroming in de onmiddellijke nabijheid van een bres in de dijk waar erosie van de ondergrond optreedt door snelstromend water.

- **Historische geografie**

Vooraf uit gebeurtenissen in het verleden is bekend, dat het overstromen van een landschap een grote invloed kan hebben op met name sloten en verkavelingspatronen. Het belangrijkste effect is het verdwijnen van kleinschalig, antropogeen reliëf en kenmerkende patronen van sloten en greppels door sedimentatie van slib. Juist deze landschapsskenmerken vertegenwoordigen hoge historisch geografische waarden, omdat ze de visuele dragers zijn van de ontginningsgeschiedenis van het landschap.

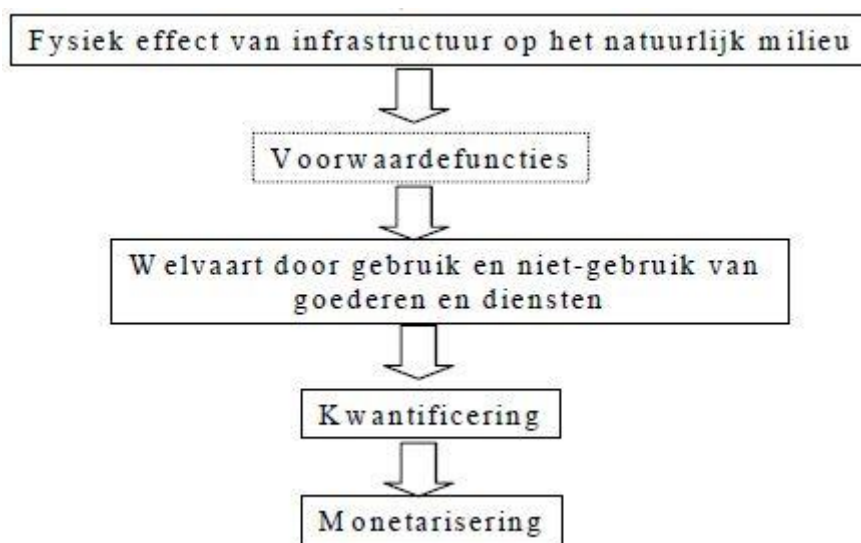
- **Historische bouwkunde**

De effecten op historische gebouwen zijn dramatischer dan die op moderne laagbouw van baksteen, omdat muren en houtconstructies van veel monumenten slecht bestand zijn tegen verzadiging met water en het effect van golfbeweging.

Bijlage N Fysieke effecten op natuur vertalen naar welvaartseffecten

Stappenplan

Om effecten van een bepaalde gebeurtenis/verandering op de natuur mee te nemen in een MKBA is het nodig om eerst de fysieke effecten van een gebeurtenis/verandering op het natuurlijk milieu te vertalen naar welvaartseffecten. Vervolgens dienen deze welvaartseffecten gekwantificeerd en, indien mogelijk, economisch gewaardeerd te worden. In Figuur 44 is een stappenplan weergegeven. Dit stappenplan is opgesteld in de OEI-leidraad (2004), informatie en uitleg is dan ook hieruit afkomstig. Het betreft hier een stappenplan gebaseerd op de aanleg van infrastructuur in een natuurlijk milieu. Ditzelfde plan kan uiteraard ook gevolgd worden met het in ogenschouw nemen van een overstroming en/of maatregelen om dit te voorkomen.



Figuur 44: De vijf stappen van economische waardering van het natuurlijke milieu

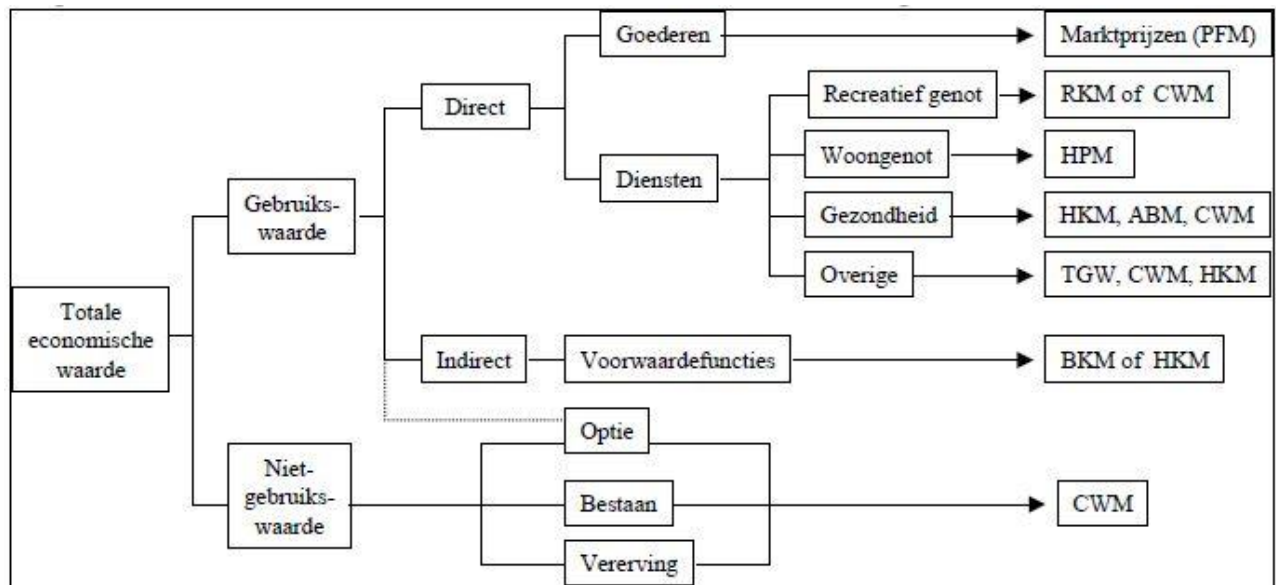
In dit rapport wordt gekeken naar een overstroming. Stap één is dus om de fysieke effecten van een overstroming op het natuurlijke milieu in kaart te brengen. Gedacht kan worden aan verzilting, vernatting etc. en de gevolgen hiervan voor de flora en fauna.

De tweede stap is het identificeren van het effect op achterliggende voorwaardefuncties. In deze stap wordt de link tussen fysieke effecten en welvaartseffecten vergemakkelijkt. Er wordt hier aandacht besteed aan positieve en negatieve effecten. Het kan bijvoorbeeld zo zijn dat een overstroming zorgt voor teloorgang van bepaalde flora en fauna, maar dat het ook zorgt voor nieuwe flora en fauna. Verder wordt er in deze stap overlap in welvaartseffecten voorkomen.

De derde stap is het inzichtelijk maken van de welvaartsstromen die betrekking hebben op het gebied. Welke goederen en diensten levert het desbetreffende gebied in zijn algemeenheid en welke kunnen door een bepaalde gebeurtenis (bv. overstroming) niet meer haar functie vervullen. Belangrijk is om op te merken dat elk gebied weer andere welvaartsstromen kent en dat ieder gebied afzonderlijk bekeken moet worden. In Figuur 45 zijn de soorten welvaartsstromen die betrekking hebben op de natuur weergegeven met verschillende waarderingmethoden.

Wanneer de welvaartseffecten c.q. de effecten op goederen en diensten geïdentificeerd zijn, dienen zij gekwantificeerd te worden. Gedacht kan worden aan aantal recreanten, aantal woningen etc.

Als laatste wordt getracht om een 'prijskaartje' te hangen aan de welvaartseffecten. Dit is voor natuur echter een lastige opgave, aangezien de één natuur belangrijker vindt dan de ander. Toch zijn er verschillende methoden beschikbaar om dit op geldeenheden te waarderen. In dit rapport wordt alleen ingegaan op de CWM methode en niet op de andere waarderingsmethoden.



Afkortingen: PFM = productiefactormethode, RKM = Reiskostenmethode, CWM = Conditionele waarderingsmethode, HPM = Hedonische prijzenmethode, HKM = Herstelkostenmethode, ABM = 'Averting behavior methode', TGW = toegevoegde waarde.

Figuur 345: Verschillende welvaartsstromen, verschillende waarderingsmethoden

Welvaartsstromen

Om de economische waarde van natuur te bepalen dient te worden nagegaan op welke wijzen het natuurlijk milieu menselijk welvaart, in materiële en immateriële zin, voortbrengt. In Figuur 45 is onderscheid gemaakt in *gebruikswaarde* en *niet-gebruikswaarde*. Voorbeelden van directe vormen van gebruik hebben betrekking op goederen zoals hout, water en vis of op diensten zoals 'recreatieve beleving', 'woongenot', 'vaarmogelijkheden' en 'bescherming tegen klimaatverandering'. Voorbeelden van indirecte vormen van gebruik betreffen diensten zoals 'nutriëntenzuivering' en 'kraamkamers', welke leiden tot respectievelijk 'schoon water' en 'visproductie'. Door gebruik te maken van het schone water en de vis, wordt indirect gebruik gemaakt van respectievelijk de diensten nutriëntenzuivering en kraamkamer.

De niet-gebruikswaarde is gelijk aan de welvaart die mensen ontleen aan natuur zonder dat zij er gebruik van maken. Hierbij kan onderscheid gemaakt worden tussen een *bestaanswaarde*, een *verervingswaarde* en een *optiewaarde*. De bestaanswaarde is gelijk aan de waarde die de huidige generatie hecht aan het bestaan van een ecosysteem, ongeacht gebruik. De verervingwaarde is de waarde die de mens hecht aan het open houden van de mogelijkheid van toekomstig gebruik *door toekomstige* generaties. Omdat het hier gaat om de mogelijkheid tot eventueel gebruik en niet om actueel gebruik, wordt deze waardecomponent als onderdeel van de niet-gebruikswaarde beschouwd. Onder optiewaarde verstaan we de waarde die de mens hecht aan het open houden van

de mogelijkheid van toekomstig gebruik door de *huidige* generatie. Deze waarde zit dus in feite tussen gebruik en niet-gebruik in.

Waarderingsmethode CWM

Om de natuur toch uit te drukken in monetaire eenheden worden verschillende economische waarderingsmethoden gebruikt. In dit rapport wordt aandacht besteedt aan de Conditionele WaarderingsMethode (=CWM).

De CWM waardeert veranderingen in natuur en milieu op basis van de publieke beleving en waardering van deze veranderingen. De economische waardering van een verandering in natuur of milieu vindt bij deze methode plaats in een hypothetisch gecreëerde markt, waar mensen in staat worden gesteld om zelf aan te geven hoeveel het hen waard is dat een bepaalde verandering in natuur of milieu plaatsvindt of juist niet. Individuele burgers, omwonenden of bezoekers van een gebied worden gevraagd naar hun beleving en betalingsbereidheid voor een specifieke verandering of gebeurtenis in natuur of milieu. De beleving en betalingsbereid van burgers kunnen achterhaald worden middels enquête onderzoeken. Dit kan op verschillende manieren, namelijk telefonisch, schriftelijk of persoonlijk. Let wel, het is belangrijk om een zeer grote steekproef te nemen.