

## **Schades door watertekorten en -overschotten in stedelijk gebied**

**Quick scan van beschikbaarheid schadegetallen en  
mogelijkheden om schades te bepalen**

M. Hoogvliet  
F. van de Ven  
J. Buma  
N. van Oostrom  
R. Brolsma  
T. Filatova  
J. Verheijen  
P. Bosch (TNO), onderdeel hittestress

1205463-000






**Titel**

Schades door watertekorten en -overschotten in stedelijk gebied

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
Deltaprogramma, deelprogramma's Nieuwbouw & Herstructurering en Zoetwater	1205463-000	1205463-000-BGS-0003	121

**Trefwoorden**

Deltaprogramma, stedelijk waterbeheer, klimaatverandering, droogte, wateroverlast, schade, watervoorziening, nieuwbouw en herstructurering, maatregelen

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
5	mrt. 2012	M. Hoogvliet		F. van de Ven		H. Gehrels	
		J. Buma					
		N. van Oostrom					
		R. Broisma					
		T. Filatova					
		J. Verheijen					
		P. Bosch (TNO)					

**Status**

definitief

**Titel**

Schades door watertekorten en -overschotten in stedelijk gebied

**Opdrachtgever**

Deltaprogramma,  
deelprogramma's  
Nieuwbouw &  
Herstructurering en  
Zoetwater

**Project**

1205463-000

**Kenmerk**

1205463-000-BGS-0003

**Pagina's**

121

## Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>1</b>
1.1	Probleembeschrijving	1
1.2	Doel van de studie	2
1.3	Aanpak	3
1.4	Leeswijzer	4
<b>2</b>	<b>Watersysteemkenmerken</b>	<b>5</b>
2.1	Verschillen in watersysteemkenmerken	5
2.2	Het stedelijk watersysteem	12
2.3	Het watersysteem op straatniveau	14
<b>3</b>	<b>Stedelijke waterkwaliteit, recreatie en groen</b>	<b>17</b>
3.1	Overzicht schademechanismen	17
3.1.1	Verlaging woningwaarde door verminderde waterkwaliteit	17
3.1.2	Schade aan recreatie door verminderde waterkwaliteit	17
3.1.3	Schade aan groen door brand	17
3.1.4	Droogteschade aan groen	17
3.1.5	Natschade aan groen in tuinen en parken	19
3.2	Kwantificering schadeposten	19
3.2.1	Verlaging woningwaarde door verminderde waterkwaliteit	19
3.2.2	Schade aan recreatie door verminderde (zwem)waterkwaliteit	22
3.2.3	Droogteschade aan groen in tuinen en parken	24
3.2.4	Natschade aan groen in tuinen en parken	27
3.3	Kostendragers	28
3.4	Referenties	29
<b>4</b>	<b>Gebouwen en stedelijke infrastructuur</b>	<b>31</b>
4.1	Overzicht schademechanismen bij watertekort	31
4.1.1	Maaiveldddaling terreinen	31
4.1.2	Grondwateronderlast (funderingsschade)	32
4.1.3	Schade aan infrastructuur door ongelijkmatige zakking	35
4.1.4	Schade aan (woon)schepen en drijvende woningen door droogvallen van waterlopen	35
4.1.5	Verstopping van drainagebuizen door grotere grondwaterfluctuaties	35
4.1.6	Transportbeperking door oververhitting van elektriciteitskabels	35
4.2	Overzicht schademechanismen bij wateroverschotten	36
4.2.1	Schade aan panden met kelders op staal gefundeerd of op trekpalen, a.g.v. wijziging in de opwaartse waterdruk onder de fundering	36
4.2.2	Spoorvorming, ongelijkmatige zakking, gaten en onvlakheid in wegen a.g.v. te geringe drooglegging of taludinstabiliteit	36
4.2.3	Schade aan houten vloeren, metsel- en stucwerk in gebouwen	36
4.2.4	Schade aan gebouwen en roerende goederen door water op straat	36
4.3	Kwantificering schadeposten a.g.v. watertekorten	38
4.3.1	Maaiveldddaling	38
4.3.2	Grondwateronderlast (funderingsschade)	39
4.3.3	Zakkingsschade aan infrastructuur	45

4.3.4	Schade aan (woon)schepen en drijvende woningen door droogvallen van waterlopen	48
4.3.5	Verstopping van drainagebuizen door droogvallen	48
4.3.6	Transportbeperking door oververhitting van elektriciteitskabels	48
4.4	Kwantificering schadeposten a.g.v. wateroverschot	49
4.4.1	Schade aan panden met kelders op staal gefundeerd of op trekpalen, a.g.v. wijziging in opwaartse grondwaterwaterdruk	49
4.4.2	Spoorvorming, ongelijkmatige zakking, gaten en onvlakheid in wegen a.g.v. te geringe drooglegging of taludinstabiliteit	49
4.4.3	Schade aan houten vloeren, metsel- en stucwerk in gebouwen	49
4.4.4	Schade aan gebouwen en roerende goederen door water op straat	51
4.5	Effect van klimaatverandering	52
4.6	Kostendragers	54
4.7	Referenties	55
<b>5</b>	<b>Volksgezondheid</b>	<b>57</b>
5.1	Overzicht schademechanismen	57
5.1.1	Gevolgen volksgezondheid door verminderde waterkwaliteit	57
5.1.2	Gezondheidschade door vochtoverlast in woningen en gebouwen.	57
5.1.3	Hittestress	57
5.2	Visies op het bepalen van schade	58
5.2.1	Gevolgen volksgezondheid door verminderde waterkwaliteit	58
5.2.2	Hittestress	58
5.3	Kwantificering schadeposten	59
5.3.1	Gevolgen volksgezondheid door verminderde waterkwaliteit	59
5.3.2	Gezondheidschade door vochtoverlast in woningen en gebouwen	59
5.3.3	Uit de literatuur beschikbare schadecijfers en –kentallen voor Hittestress	60
5.3.4	Verantwoording berekeningen schade door hittestress voor Nederland	60
5.3.5	Monetaire schade door hittestress	62
5.4	Kostendragers	63
5.5	Referenties	64
<b>6</b>	<b>Additionele aandachtspunten voor schadeberekening</b>	<b>67</b>
6.1	Consumenten- en producentensurplus	67
6.1.1	Schademechanisme	67
6.1.2	Visies op het bepalen van shades	67
6.1.3	Beschikbare schadecijfers en –kengetallen	68
6.2	Netto Contante Waarde	69
6.3	Referenties	72
<b>7</b>	<b>Maatregelen</b>	<b>73</b>
<b>8</b>	<b>Conclusie</b>	<b>75</b>
8.1	Samenvatting uitkomsten	75
8.2	Kennis- en informatiehiaten	77
8.3	Bespiegeling uitkomsten	79
8.4	Overzicht schademechanismen en -ramingen	81

## **Bijlagen**

<b>Bijlage A: Expertsessies</b>	<b>87</b>
<b>Bijlage B: Kaarten</b>	<b>89</b>
<b>Bijlage C: Additionele informatie gebouwschade en bodemdaling</b>	<b>109</b>
<b>Bijlage D: Lijst van maatregelen</b>	<b>113</b>





# 1 Inleiding

## 1.1 Probleembeschrijving

### *Druk op stedelijk watersysteem*

In het stedelijk oppervlakte- en grondwatersysteem zorgt het beschikbare water hoofdzakelijk voor <sup>1</sup>:

- Voorkomen van zetting en inklinking (o.a. schade aan wegen, kabels, (riool)leidingen, funderingen, opritten, tuinen, kruipruimten, ...).
- Voorkomen van schade door droogstand (paalrot, beschoeiingen etc.).
- Watervoorziening voor de planten en de dieren; voorkomen verdroging vegetatie en brand.
- Verdamping ter vermindering hitte (beperking van het UHI effect en van behoefte aan airconditioning).
- Handhaven oppervlaktewaterkwaliteit t.b.v. ecologie, recreatie en belevingswaarde.

Bovenstaande functies staan her en der nu al onder druk. De verwachting is dat door klimaatverandering vaker en langer minder water beschikbaar zal zijn, waardoor droogtegerelateerde problemen intensiveren en in meer gebieden gaan optreden.

### *Kennishiaten*

De noodzaak en urgentie om hierop te reageren middels maatregelen en beleid worden bepaald door de risico's die de bebouwde omgeving van Nederland loopt. Over de potentiële blootstelling aan, en gevoeligheid voor droogteschade in stedelijk gebied is echter weinig bekend, zeker landsdekkend. Dit geldt voor zowel de kans op droogteschade als de kosten die ermee gemoeid zijn voor overheden, maar zeker ook voor particulieren en bedrijven. Grote onzekerheid zit vooral in het tempo waarmee de schades optreden. Er is bovendien een verschil tussen de langjarige gemiddelde effecten en korte termijn effecten tijdens droge perioden. Ook ontbreekt visie op wie welke verantwoordelijkheden en kosten draagt en mist een nauwkeurig ruimtelijk beeld van de stedelijke droogteproblematiek.

Bijkomend knelpunt is dat het watergebruik van stedelijk gebied (buiten het drinkwaterverbruik) slecht is gekwantificeerd. Hieraan wordt nauwelijks gemeten. Ook de daadwerkelijke waterbehoefte is nog niet goed te kwantificeren. Zo ontbreekt proceskennis van stedelijke verdamping, van de interactie tussen verdamping en temperatuur, van de aanvoer van water via de ondergrond en van waterkwaliteitsprocessen in de stad. Het stedelijk systeem is dermate complex dat de waterbehoefte mogelijk nooit met een nauwkeurigheid kan worden bepaald die vergelijkbaar is met die voor het landelijk gebied. Maar als de potentiële schade van watertekorten groot is, dan is het des te meer van belang om de kans op watertekorten beperkt te houden.

---

1. Drinkwaterleidingen en de functie drinkwater worden hier buiten beschouwing gelaten

Er zijn dus nog grote onbekenden, wat het lastig maakt om de urgentie van het onderwerp 'watervoorziening van de stad' voor het Deltaprogramma op dit moment naar tevredenheid te onderbouwen. Om dit knelpunt op te lossen hebben de deelprogramma's Zoetwater (DPZW) en Nieuwbouw & Herstructurering (DPNH) de volgende gedeelde vragen aan Deltares voorgelegd:

- 1 Wat is de diversiteit van stedelijke watersystemen in Nederland (welke typen moeten worden onderscheiden) en hoe werken die systemen?
- 2 Wat zijn de effecten van watertekorten en –overschotten in die systeemtypen en welke kosten zijn daarmee gemoeid?
- 3 Welke knelpunten tussen vraag en aanbod doen zich nu voor en hoe ontwikkelen die zich in de toekomst?
- 4 Welke oplossingen (fysiek en instrumenteel) zijn er mogelijk zowel voor knelpunten als voor effecten?
- 5 Wie zijn de verantwoordelijke partijen om oplossingen te realiseren?

## 1.2 Doel van de studie

Om de hiervoor vermelde vragen 3, 4 en 5 te kunnen beantwoorden is een relatief grote onderzoeksinspanning nodig. Aangezien voor onderhavige studie circa vier maanden beschikbaar was, konden deze vragen niet volledig worden geadresseerd. Na evaluatie van wat wel en niet mogelijk is binnen de doorlooptijd van de studie, is besloten de studie te richten op beantwoording van de volgende vragen:

- Hoe werkt het stedelijk watersysteem, en welke typerende systemen kunnen op hoofdlijnen binnen Nederland worden onderscheiden uitgaande van de schademechanismen die in de bebouwde omgeving kunnen optreden?
- Welke schademechanismen worden gestimuleerd of veroorzaakt door een overschot <sup>2</sup>, maar vooral gebrek aan water in het stedelijk gebied? En welke zijn meer of minder relevant?
- Hoe groot zijn de schades die worden veroorzaakt door die relevante mechanismen?
- Hoe zijn mechanismen en schades over Nederland of regio's ruimtelijk verdeeld? In welke gebieden treden schades in meer of mindere mate op?
- Wat is het effect van klimaatverandering op de schades? Welke mechanismen zijn meer of minder gevoelig voor klimaatverandering?
- Welke maatregelen kunnen worden ingezet tegen de geïdentificeerde schademechanismen?
- Welke partijen dragen de kosten van welke schades?

De antwoorden op bovenstaande vragen vergroten het inzicht in de waarde van voldoende water, van voldoende kwaliteit, voor het stedelijk gebied. Hiermee kan bijvoorbeeld het belang van watervoorziening voor de stad beter in perspectief worden geplaatst t.o.v. de watervoorziening voor waterafhankelijk functies in het landelijk gebied.

---

2. *Het willen voorkomen van een watertekort zou ertoe kunnen leiden dat we teveel water in het stedelijk gebied gaan vasthouden. Dat zou extra wateroverlast kunnen veroorzaken. Daarom wordt in deze verkenning ook zijdelings gekeken naar de kosten van wateroverlast. Hierdoor ontstaat ook een beter beeld van de prioriteit van het tegengaan van wateroverlast versus die van het tegengaan van watertekorten.*

### 1.3 Aanpak

#### *Twee fasen*

Gezien de grote kennishiaten was er gedurende de opzet van de studie geen zekerheid over de beschikbaarheid van voldoende, betrouwbare basisgegevens over de omvang van schadeposten. Daarom is de studie in twee fasen gesplitst. In de eerste fase zijn schademechanismen geïnventariseerd en geëvalueerd op relevantie. Vervolgens is zoveel mogelijk informatie over de mogelijke omvang van relevante schadeposten verzameld. Mocht de verzamelde informatie zeer onvolledig of onbetrouwbaar zijn, dan zou de studie worden gestopt. De verzamelde informatie bleek echter dermate belovend, dat besloten is ook de tweede fase uit te voeren en daarin de schadeposten zoveel mogelijk te kwantificeren.

#### *Effect van klimaatverandering*

Na de eerste fase werd wel duidelijk dat het niet mogelijk is om zinnige kwantitatieve schaderamingen op te stellen op basis van klimaatscenario's. Klimaatverandering zal wel degelijk effect hebben op schademechanismen, maar er kan nog niet worden gekwantificeerd hoeveel sneller of ernstiger een mechanisme in de stad verloopt, en dus hoeveel sneller schades ontstaan of in welke mate schadeposten toenemen. Het ontbreekt daarvoor aan basisgegevens en schademodellen waarmee de invloed van klimaatverandering in het verloop van schademechanismen tot uiting komt. Wel is getracht nader aan te geven in welke gebieden functies met effecten van klimaatverandering te maken zullen krijgen.

#### *Literatuurstudie*

Een voornaam deel van het project bestond uit het verzamelen en bestuderen van literatuur. Er is zowel Nederlandse als internationale literatuur geraadpleegd. De literatuurstudie richtte zich op informatie over de specifieke te verwachten (economische) schade per schademechanisme en per stedelijke functie (wonen, groen, infrastructuur, volksgezondheid).

#### *Schaderamingen*

Na fase één bleek dat in de literatuur nauwelijks schaderamingen zijn te vinden die geldig zijn voor een landelijk schaalniveau. Voor de meeste schadeposten zijn daarom ramingen gemaakt gebaseerd op lokale of regionale kengetallen uit de literatuur. Sommige ramingen konden niet beter worden uitgevoerd dan 'op de achterkant van een sigarendoos'. Andere zijn, waar mogelijk, uitgevoerd met behulp van zeer gedetailleerde, actuele databases en geo-informatie. Bij het ramen van de schadebedragen is zoveel mogelijk toegewerkt naar totaalbedragen, bedragen per jaar en gekapitaliseerde kosten tot 2050.

#### *Expertsessies*

Gezien de beperkte hoeveelheid literatuur over het onderwerp, is de hulp ingeroepen van experts. De inbreng van experts is verzameld en besproken in meerdere bijeenkomsten. Ook is het perspectief van expertbeoordeling besproken: wat is mogelijk en wat is de waarde van de expertbeoordeling in het licht van de voorliggende vraag en de benodigdheden van het Deltaprogramma?

In bijlage A zijn de namen van de geraadpleegde experts en de aan hen voorgelegde vragen opgenomen. Gezien de korte doorlooptijd van het project zijn de expertsessies beperkt tot specialisten van Deltares, TU Delft en TNO. Daarnaast zijn de in bijlage A vermelde vragen ook voorgelegd aan medewerkers van een aantal grote gemeenten, waterschappen en zoetwaterregio's van het Deelprogramma Zoetwater. De resultaten van de uitvraag zijn geïntegreerd deze rapportage.

## *Kaartvervaardiging*

Gedurende de expertsessies is ook bediscussieerd welke schademechanismen, op basis van welke ruimtelijke informatie en met welke legendaklassen in een kaartbeeld kunnen worden verwerkt. Er zijn vele kaarten, op verschillende schaalniveaus beoordeeld op bruikbaarheid en betrouwbaarheid. Een selectie daarvan is uiteindelijk geschikt geacht en in dit rapport verwerkt. De totstandkoming van de kaarten wordt in bijlage B nader beschreven.

Het ruimtebeslag van het 'stedelijk gebied' dat in de kaarten is weergegeven, is afgeleid van het CBS Bestand Bodemgebruik 2003 en komt overeen met substantiële 'bebouwde kom' gebieden. Kleinschalige bebouwing zoals boerderijen, lintbebouwing met een geringe dichtheid en landelijk gelegen woningen, vallen hier buiten. Aan steden grenzende bedrijventerreinen zijn wel opgenomen.

## **1.4 Leeswijzer**

Het rapport is ingedeeld naar drie thematische schadecategorieën: stedelijke waterkwaliteit, recreatie en groen (hoofdstuk 3), gebouwen en stedelijke infrastructuur (hoofdstuk 4) en volksgezondheid (hoofdstuk 5). Per categorie wordt in de hoofdstukken gepresenteerd:

- Een overzicht en beknopte beschrijving van schademechanismen (een uitgebreide beschrijving van mechanismen is opgenomen in het rapport 'Fysieke bouwstenen voor de knelpuntenanalyse Nieuwbouw & Herstructurering'). Volledigheidshalve worden hierin ook schademechanismen beschreven die geen verband houden met watertekorten en waarvoor geen kosten zijn uitgewerkt. Dit wordt in deze gevallen gemotiveerd.
- Per schademechanisme een beschrijving van de beschikbare gegevens m.b.t. schaderamingen en een afleiding van een landelijk geldige schaderaming.
- Samenvattende conclusies over relevantie mechanismen en schadeposten.

Hoofdstuk 6 beschrijft aspecten van schaderamingen die gedurende de literatuurstudie naar voren kwamen en mogelijk kunnen worden meegenomen in volgende schaderamingen. Tevens is in dit hoofdstuk een verkennende berekening opgenomen waarin alle gevonden schadebedragen zijn vereffend tot een zgn. netto contante waarde.

Hoofdstuk 7 gaat in op de maatregelen die (bij nieuwbouw of herstructurering) kunnen worden ingezet om schades te voorkomen. De lijst zelf is opgenomen in bijlage D.

Hoofdstuk 8 bevat overkoepelende conclusies en een tabel die alle relevante schademechanismen en geraamde schades samenvattend toont.

## 2 Watersysteemkenmerken

### 2.1 Verschillen in watersysteemkenmerken

Veel functies in het stedelijk gebied zijn afhankelijk van voldoende water van voldoende kwaliteit en dus gevoelig voor droogte. Dat betekent ook dat er veel belanghebbenden zijn bij voldoende, goed water en dat er schade ontstaat als onvoldoende water beschikbaar is.

De watervraag in het stedelijk gebied wordt bepaald door het peilbeheer van oppervlakte- en grondwater dat wordt gevoerd om te voorkomen dat gebouwen, wegen, dijken, rioleringen, overige leidingen, etc. verzakken. Op de tweede plaats is water nodig om de kwaliteit van het stedelijk oppervlaktewater te borgen, door aanvulling of doorspoelen. Ook moet de stedelijke flora en fauna van water worden voorzien. Voor de temperatuurbeheersing in de stad is verdamping – en dus de beschikbaarheid van voldoende water – van eminent belang. Tenslotte is er nog een algemene behoefte aan watervoorziening, bijvoorbeeld ten behoeve van de bluswatervoorziening, de peilhandhaving rond woonboten en drijvende woningen, de handhaving van een goede ecologische kwaliteit en goed recreatiewater.

Wat de vraag is van bovengenoemde functies en via welke routes water wordt aangevoerd, verschilt per stad. Elke stad heeft een watersysteem met specifieke kenmerken, behoeften en knelpunten. We maken op hoofdlijnen onderscheid naar steden in Laag Nederland (op klei en veen) en steden in Hoog Nederland (op de zandgronden). Met dit onderscheid hangen de belangrijkste verschillen samen. In de eerste categorie steden wordt het oppervlaktewater- en grondwaterpeil beheerst en vindt doorspoeling plaats. In de tweede categorie is door de afwezigheid van een aaneengesloten netwerk van watergangen het peil meestal niet gebiedsdekkend beheerst en kan meestal niet worden doorgespoeld. In Hoog Nederland zijn er wel gebieden waarnaar wateraanvoer mogelijk is. Figuur 2.1 toont de begrenzing van gebieden met typerende watersysteemkenmerken. Het gebied van Laag Nederland is hierin 'polders, peilbeheerst' genoemd. In Figuur 2.2 is binnen de polders nader onderscheid aangebracht naar gebieden met een hoge en lage dichtheid van watergangen. De watergangendichtheid is sterk gerelateerd aan hoogteligging, bodemtypen en kwel/infiltratie omstandigheden. In klei-, maar vooral veengebieden, is de dichtheid erg hoog. In droogmakerijen met goed doorlatende kleigronden en in de zandiger kleigebieden is de dichtheid lager.




Het onderscheid in Figuur 2.1 van gebieden waarnaar wel en geen wateraanvoer mogelijk is, is gebaseerd op invoerbestanden van het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium. De begrenzing van polders is gebaseerd op kaarten uit de Polderatlas van Nederland en het Waterstaatkundig Informatie Systeem.

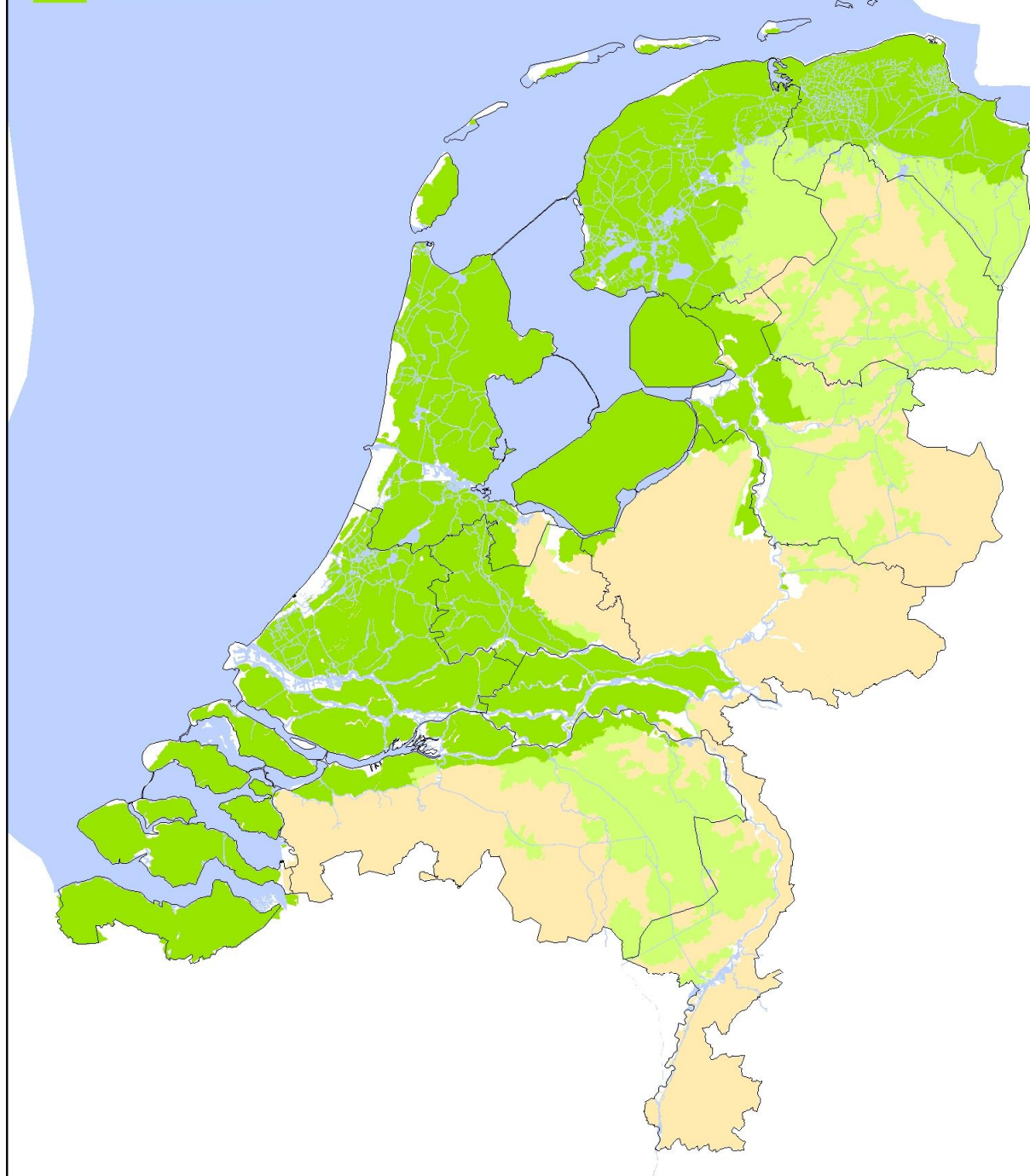
De watergangendichtheid in Figuur 2.2 is bepaald met behulp van de watergangen die zijn verwerkt in het Waterstaatkundig Informatiesysteem en in de TOP10Vector. De dichtheid (in totale lengte aan lijnvormige watergangen per hectare) is bepaald per polder (er zijn in totaal 3461 polders doorgerekend).

In het stedelijk gebied is de dichtheid van watergangen altijd kleiner dan in het omliggende landelijke gebied. Oorspronkelijke sloten worden bij het bouwrijp maken veelal gedempt en vervangen door nieuwe watergangen en waterpartijen en/of er wordt een riolering- en drainagesysteem aangelegd dat de functie van de oorspronkelijke sloten vervangt. Normen t.a.v. het voorkomen van wateroverlast zijn bij het dimensioneren van nieuwe wateren meestal leidend. In Figuur 2.2 uit deze aanpak zich in de lichtblauwe kleur die in het onder het stedelijk gebied aanwezig is.

Op hoofdlijnen kan worden gesteld dat in gebieden die van oorsprong een hoge watergangendichtheid kenden - en dus vaak een venige of kleiige ondergrond bezitten - het stedelijk gebied in hogere mate wordt blootgesteld aan maaiveld daling en verschilding indien de waterdichtheid bij de verstedelijking sterk is afgenomen. Dientengevolge kan de kaart van de dichtheid van watergangen worden gebruikt om aan te duiden waar bij nieuwbouw problemen kunnen worden verwacht indien onvoldoende rekening wordt gehouden met het water-/ondergrondsysteem. Figuur 2.2 toont dat dergelijke gebieden in Laag Nederland (de polders) veelal direct grenzen aan het bestaande stedelijk gebied.

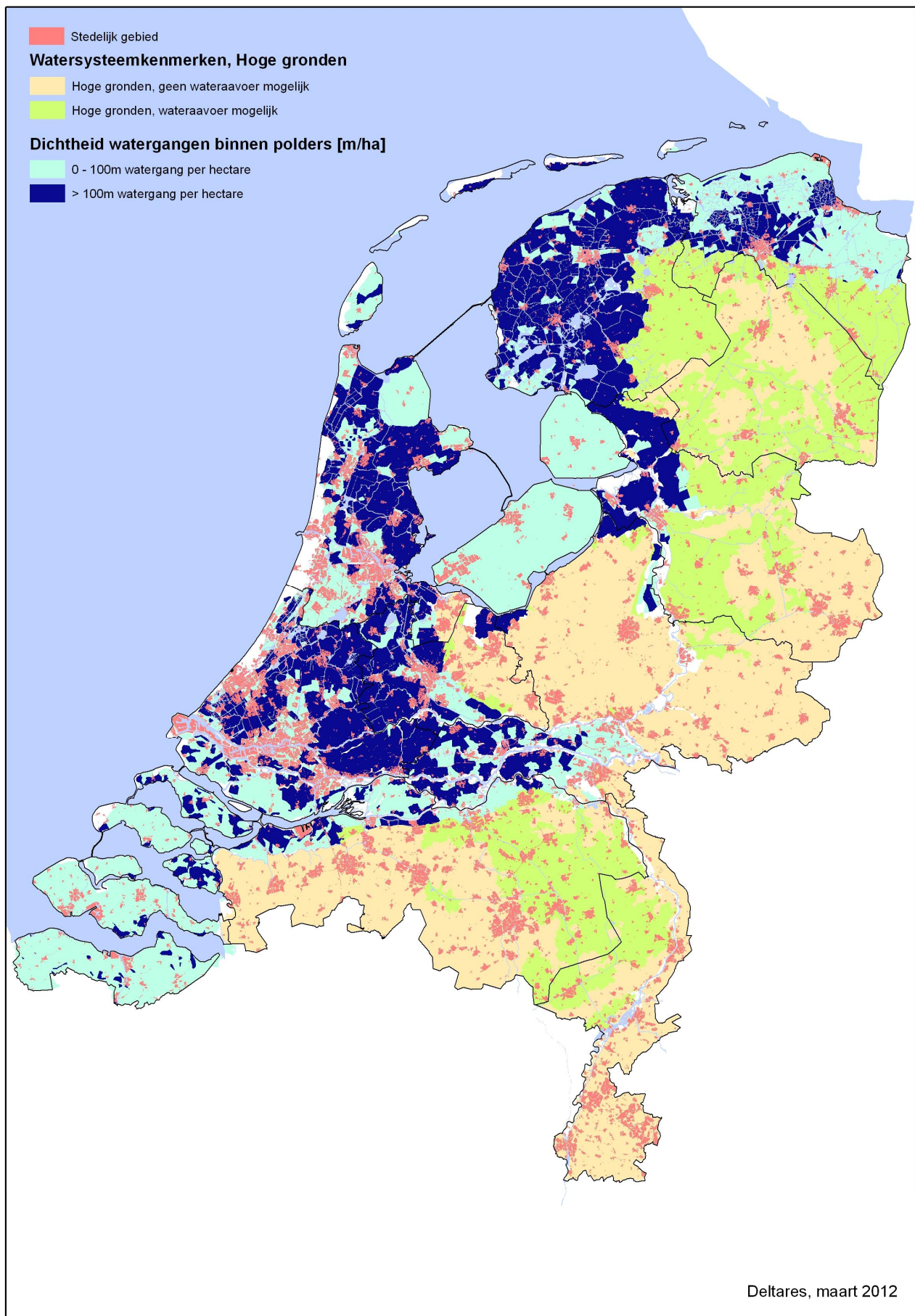
## Watersysteemkenmerken, landelijk schaalniveau

-  Hoge gronden, geen wateraivoer mogelijk
-  Hoge gronden, wateraivoer mogelijk
-  Polders, peilbeheerst



Deltares, februari 2012

Figuur 2.1 Gebieden met verschillende watersysteemkenmerken.



Figuur 2.2 Gebieden met specifieke watersysteemkenmerken en onderscheid naar dichtheid van watergangen binnen peilbeheerste poldergebieden in Laag Nederland.



Beide kaarten duiden aan welk soort watersysteem waar zou kunnen worden verwacht. Dit gaat voor het landelijk gebied goed op. Ook voor het stedelijk gebied geldt dit onderscheid, uitgaande van de drie klassen in Figuur 2.1. De dichtheid van watergangen binnen de stad is echter aanzienlijk lager dan in het omliggende landelijke gebied. Vrijwel overal in de steden van Laag Nederland is die dichtheid lager dan 100 meter/hectare. De dichtheid is vooral afhankelijk van de periode waarin stadsdelen (wijken en buurten) zijn gebouwd. Met name tussen circa 1890 en 1970 is de fysische geografie van de gebieden waarin is gebouwd, niet weerspiegeld in de stedelijke structuur, met een geringe dichtheid van watergangen als één van de gevolgen. In onderstaande tabel zijn voor typerende tijdvakken de stedenbouwkundige kenmerken in relatie tot water en ondergrond samengevat.

Tabel 2.1 Stedenbouwkundige kenmerken van stadsdelen uit typerende perioden (bron: *The tradition of making polder cities*, F.L. Hooimeijer, 2011)

< 1890	Verstedelijking beïnvloed fysische geografie, en volgt die nog enigszins		Verlagen grondwaterpeil, ophoging met zand	
1890-1940	Tuinstad	Nadruk op riolsystemen	Zandlaag met connectie naar natuurlijk systeem	Verstedelijking negeert fysische geografie
1940-1970	Buurten stad, wederopbouw	Nadruk op drainage	Zandlaag zonder connectie met natuurlijk systeem	
1970-1990	Bloemkool wijken	Drainage en waterlopen, gescheiden riolering	Gedeeltelijk zandlaag en gedeeltelijk connectie met natuurlijk systeem	
> 1990	Fysische geografie is mede bepalend voor de stedelijke inrichting			

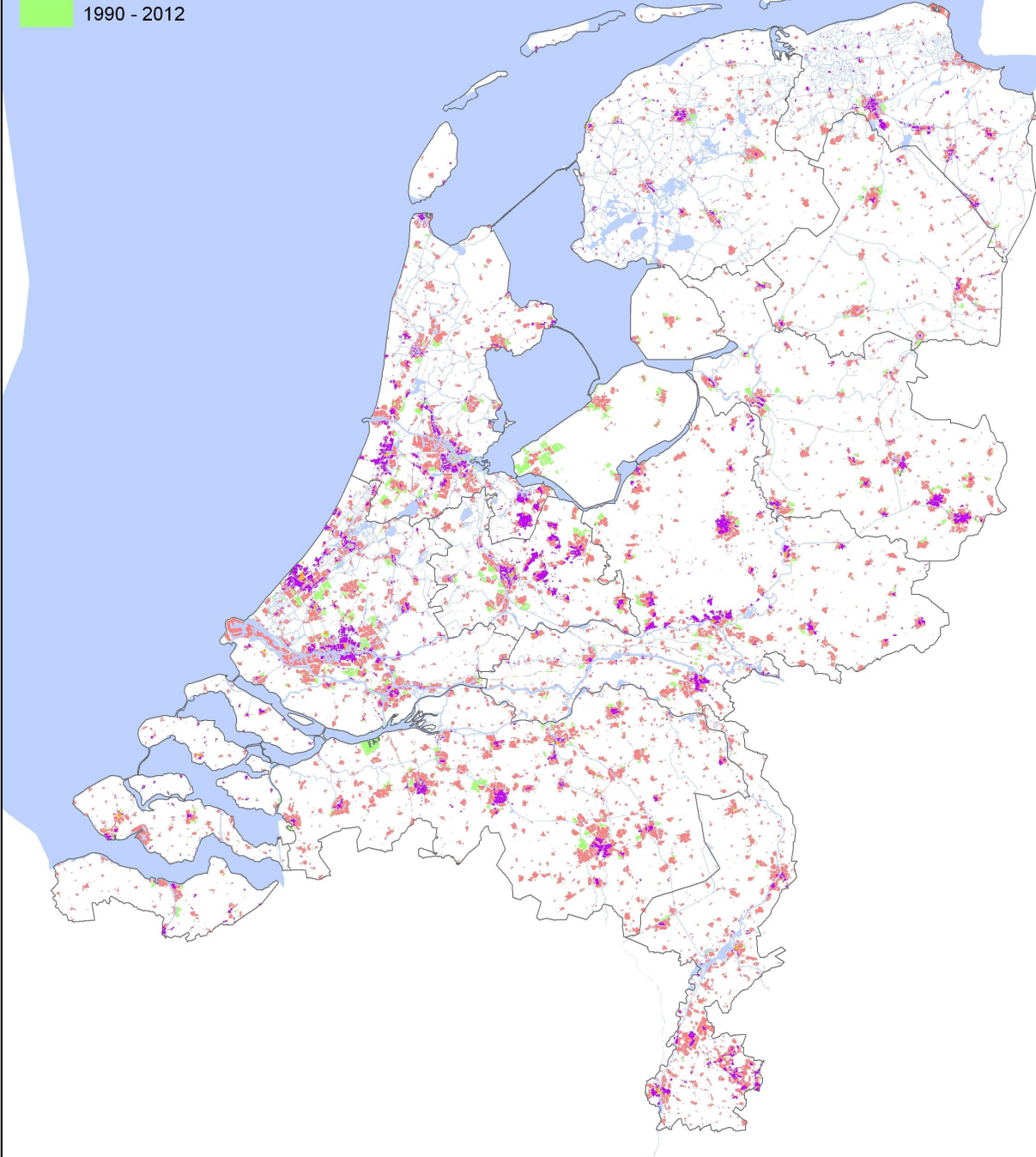
Figuur 2.3 toont een landelijk beeld van de perioden waarin buurten zijn gebouwd. Figuur 2.4 toont hetzelfde beeld, maar nu uitvergroot voor de Randstad. Duidelijk is dat het grootste areaal bebouwing is aangelegd tussen 1945 en 1990. De buurten die voor 1890 zijn gebouwd beslaan alleen de oude centra.

Figuur 2.3 is gemaakt middels een statistische analyse op het bouwjaar van alle panden die in een buurt liggen. De informatie over panden is afkomstig uit de Basisregistratie Adressen en Gebouwen. De resolutie van dit bestand is voor panden zeer hoog (in overeenstemming met die van een kadastrale kaart). De grenzen van buurten zijn afkomstig uit de gemeente/wijk/buurt kaart van het CBS. De ouderdom van een buurt is gekarakteriseerd met de 25-percentielwaarde van de ouderdom van alle panden in die buurt. Deze percentielwaarde is gekozen om meer gewicht toe te kennen aan de oudere huizen, die in een buurt vaak in de minderheid zijn, maar die ook kwetsbaarder zijn voor schades. De legendaklassen van de figuur zijn gekozen op basis van specifieke eigenschappen van de bebouwing uit deze perioden, die bepalend zijn voor de kwetsbaarheid. Deze komen niet exact overeen met de klassen in Tabel 2.1. In hoofdstuk 4 wordt hier nader op ingegaan.

De figuren zijn gebruikt als basis van de kartering van de kwetsbaarheid van buurten voor verschilzetting en paalrot, zie bijlage B.

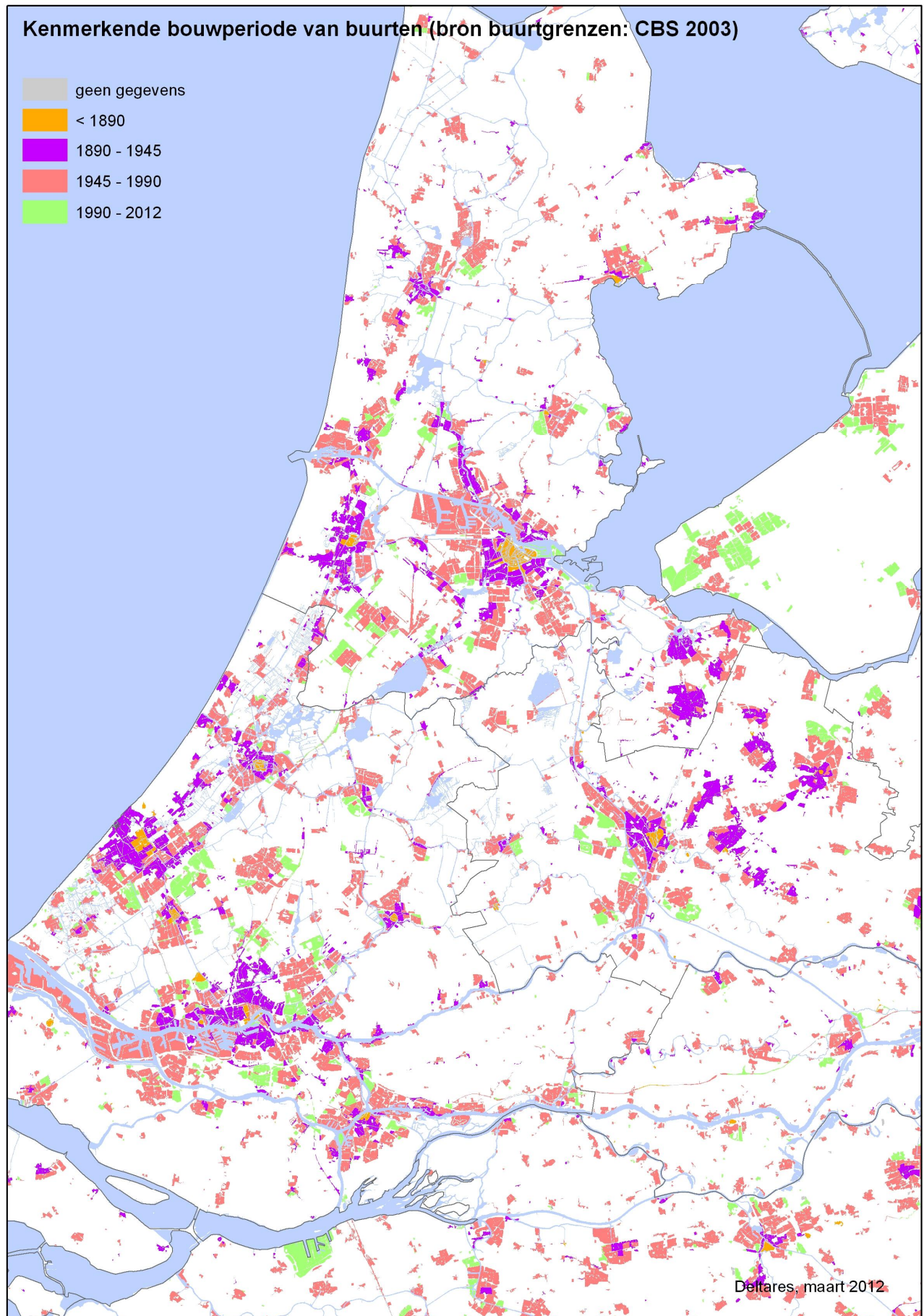
### Kenmerkende bouwperiode van buurten (bron buurtgrenzen: CBS 2003)

- geen gegevens
- < 1890
- 1890 - 1945
- 1945 - 1990
- 1990 - 2012



Deltares, maart 2012

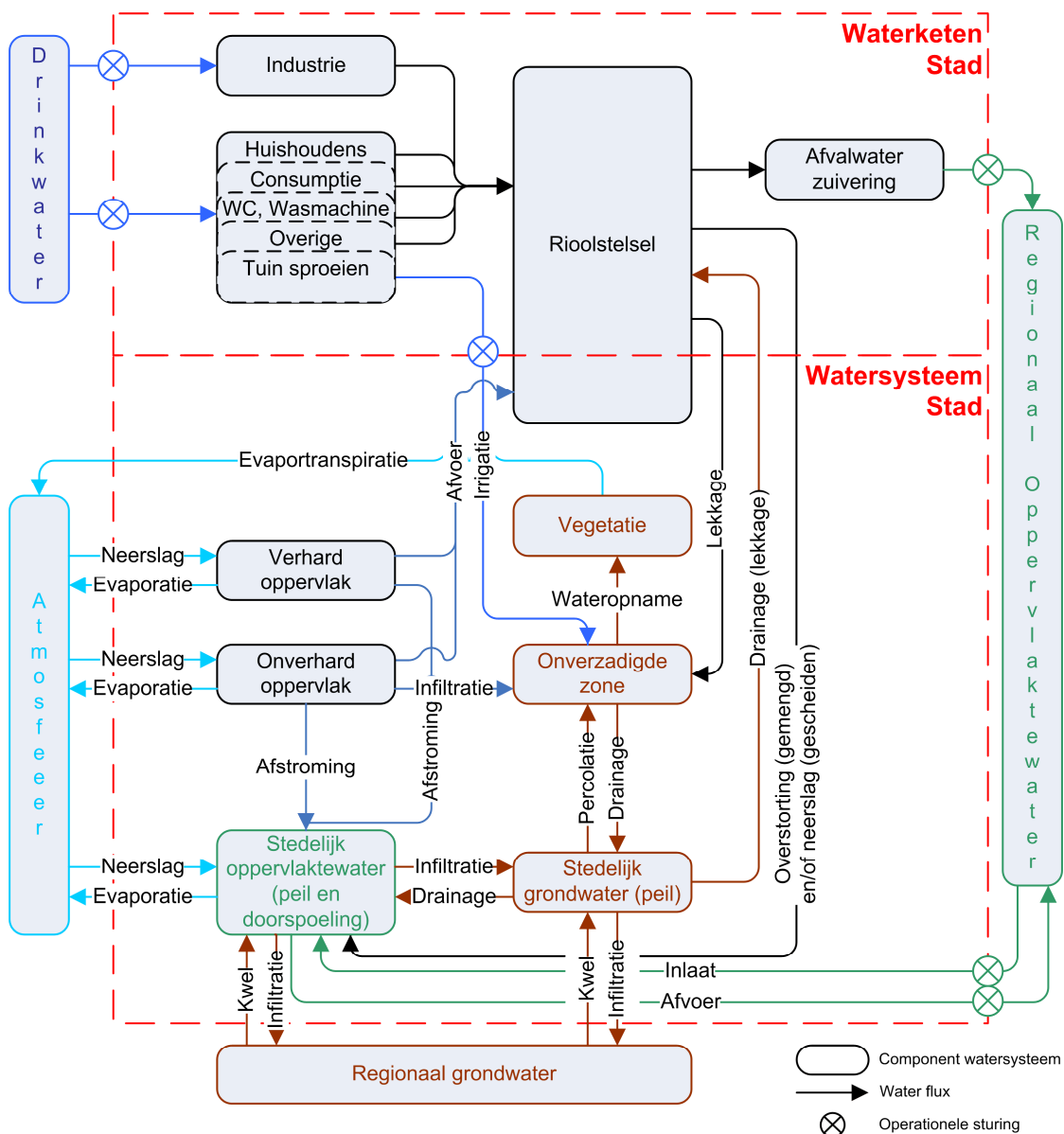
*Figuur 2.3* Tijdvakken waarin buurten zijn gebouwd, gekarakteriseerd door de 25-percentielwaarde van de bouwjaren van alle panden in een buurt



*Figuur 2.4 Tijdvakken waarin buurten zijn gebouwd, gekarakteriseerd door de 25-percentielwaarde van de bouwjaren van alle panden in een buurt. Randstad*

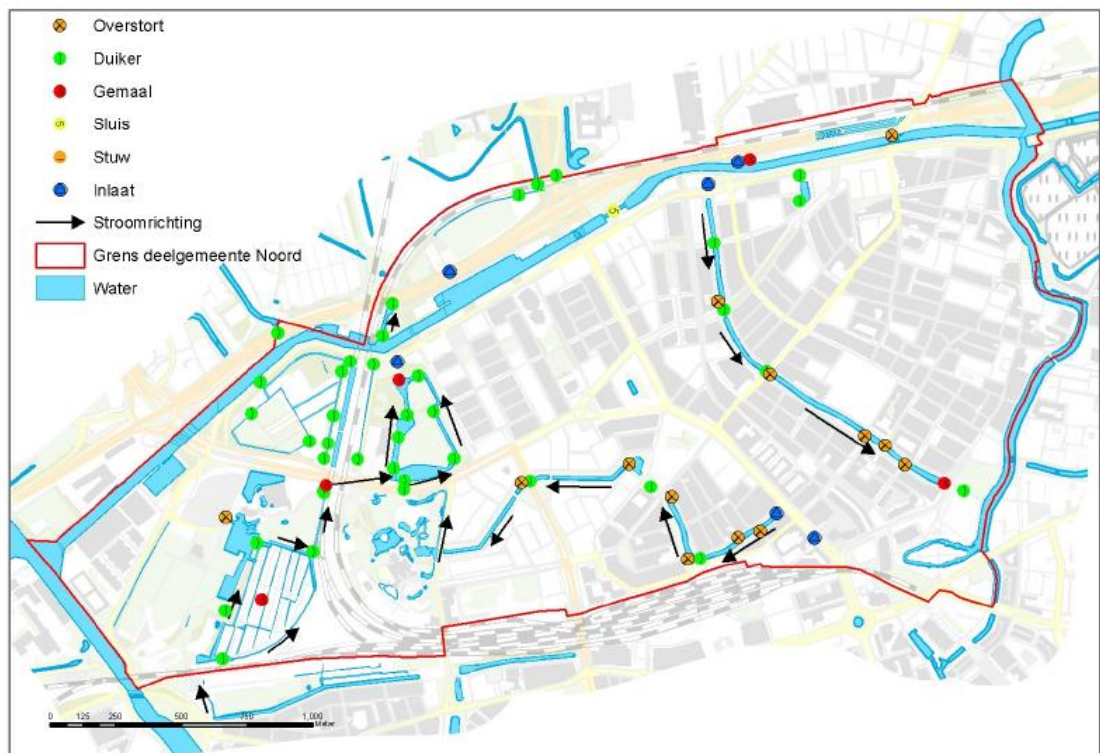
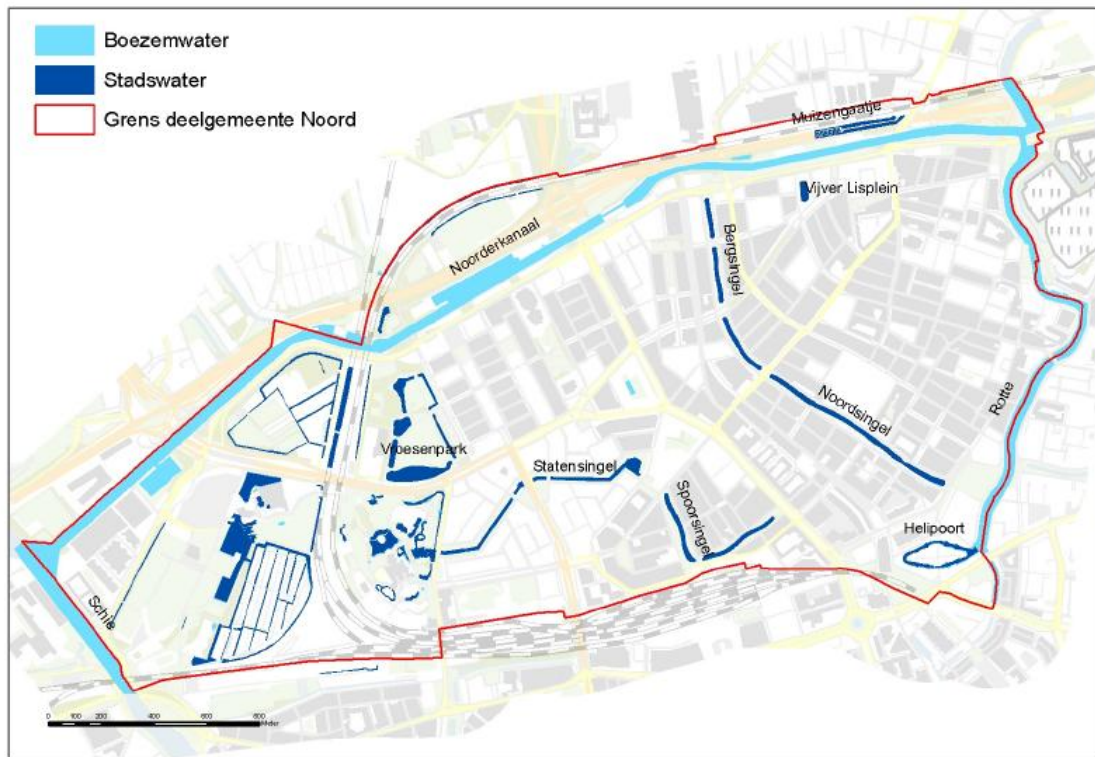
## 2.2 Het stedelijk watersysteem

Figuur 2.5 geeft een overzicht van de belangrijkste componenten van de het stedelijk watersysteem. Het overzicht is voornamelijk van toepassing op Laag-Nederland, omdat wordt uitgegaan van een systeem dat water ontvangt van en afvoert naar het regionaal oppervlaktewater (dat ook als boezem, kanaal of rivier door een stad kan lopen).



Figuur 2.5 Schematisatie van het stedelijk watersysteem en relatie tot het regionale systeem.

Figuur 2.6 geeft een praktijkvoorbeeld van een stedelijk oppervlaktewatersysteem, waarin een aantal componenten uit Figuur 2.5 tot uiting komen.



Figuur 2.6 Watersysteem Rotterdam Noord (Nelen & Schuurmans, 11 november 2009. Deelgemeentelijk Waterplan Noord 2010-2015)

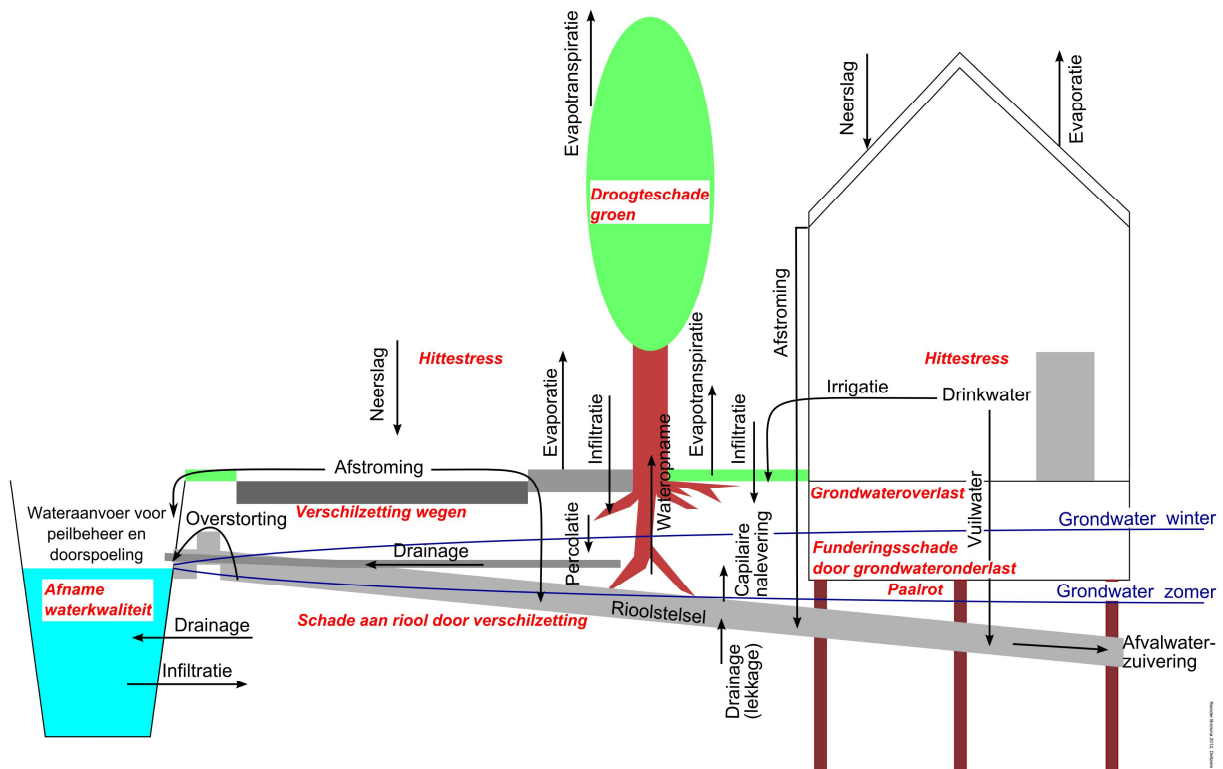
De directe watervraag van stedelijk gebied komt voort uit het op peil houden en doorspoelen van oppervlaktewater. Middels inlaten wordt gestuurd hoeveel water binnenkomt uit het regionaal systeem. Sturing vindt plaats op basis van de vraag van de stad en beschikbaarheid van voldoende water van voldoende kwaliteit in het regionaal systeem.

Behalve oppervlaktewater wordt ook drinkwater aangevoerd. Dit loopt via de zogenaamde 'waterketen'. De drinkwaterwinningen liggen doorgaans buiten de bebouwde kom. Drinkwater wordt na huishoudelijk gebruik via de riolering afgevoerd naar de afvalwaterzuivering. Deze voert het gezuiverde water af naar het regionale watersysteem. Slechts een klein deel van het drinkwater komt niet bij de zuivering terecht omdat het gebruikt wordt voor doelen als gietwater en het wassen van auto's.

Naast de verbinding tussen het regionale en stedelijk systeem via het oppervlaktewater, bestaat er ook een verbinding via het grondwater. Deze verbinding laat zich moeilijk sturen: er zit geen fysieke 'kraan' tussen. Zeer bepalend is het onderscheid tussen kwel of infiltratie. In kwelgebieden kan de stad in droge tijd soms over extra water beschikken; in infiltratiegebieden loopt de voorraad water voor droge perioden snel terug.

### 2.3 Het watersysteem op straatniveau

Figuur 2.7 toont de dwarsdoorsnede van een straat in Laag Nederland. Met pijlen is aangegeven hoe water zich door het systeem beweegt. In rood zijn typen schades vermeld die samenhangen met droogte of wateroverlast. De mechanismen en kenmerken van deze schades worden in de hoofdstukken 3, 4 en 5 uitgebreid beschreven.



Figuur 2.7 Schematisatie van het stedelijk watersysteem op straatniveau.

**Wat gebeurt er bij neerslag?**

In een stad zijn de volgende typen oppervlak te onderscheiden:

- Onverhard terrein (braak terrein, parken, grasperken, tuinen en struiken)
- Gesloten verharding (asfalt en beton)
- Open verharding (klinkers, tegels, waterdoorlatende en waterpasserende verhardingen)
- Daken.

Regen die op daken, gesloten en open verharding valt, zal voor een deel op dat oppervlak achterblijven en verdampen (evaporatie). Bij open verharding zal een deel van de neerslag infiltreren. Bij hoge neerslagintensiteiten komt neerslag tot afstroming en wordt het afgevoerd via de riolering of het oppervlaktewater. In een gemengd stelsel wordt dit water afgevoerd naar de afvalwaterzuivering, samen met het huishoudelijke afvalwater (vuilwater). Als het rioolsysteem de grote toevloed van regenwater niet meer kan verwerken, vindt overstort plaats op het oppervlaktewater. Vaak met acute waterkwaliteitsproblemen als gevolg. In een gescheiden stelsel (niet in Figuur 2.7 weergegeven) wordt regenwater direct afgevoerd naar het oppervlaktewater of geïnfiltreerd in de bodem. In een verbeterd gescheiden stelsel worden kleine buien afgevoerd naar de afvalwaterzuivering en het overige water naar het oppervlaktewater.

Bij zeer extreme neerslag kan meestal niet worden voorkomen dat er water op straat komt te staan. Dit leidt tot verkeershinder, maar kan ook zorgen voor schade aan gebouwen en goederen. Ook wordt de volksgezondheid bedreigd doordat het water meegespoelde contaminanten kan bevatten.

Water dat op onverhard terrein valt zal doorgaans infiltreren naar de onverzadigde zone en (langzaam) percoleren naar het grondwater of worden opgenomen door de wortels van planten en bomen. Door de percolatie stijgt het grondwater. Hoge grondwaterstanden kunnen leiden tot overlast in de vorm van water in kruipruimtes, schimmel in gebouwen en gezondheidsproblemen bij de bewoners. Een hoge grondwaterstand onder wegen zorgt ervoor dat de fundering onder wegen instabiel wordt. Daar waar funderingen op staal of trekpalen zijn gebruikt en in panden met kelders kan schade aan de woningen ontstaan in de vorm van scheurvorming en lekkage. Ook vegetatie kan hinder ondervinden van hoge grondwaterstanden doordat zuurstofgebrek in de wortelzone ontstaat, wortels afsterven en bomen omwaaien.

Wanneer de grondwaterstand hoger is dan het oppervlaktewaterpeil (bolle grondwaterstand), draineert het grondwater naar het oppervlaktewater. Vooral in Laag Nederland is om te voorkomen dat het grondwater te ver stijgt en overlast veroorzaakt, drainage aangelegd waardoor het grondwater sneller wordt afgevoerd, meestal naar het oppervlakte water maar soms ook naar de riolering.

**Wat gebeurt er bij (langdurige) droogte?**

Onder droge omstandigheden vindt er aan het stedelijk oppervlak vooral verdamping (transpiratie) door vegetatie plaats. Met name hoge luchttemperatuur, zon en wind zorgen voor een hoge potentiële verdamping. De vegetatie onttrekt het water met de wortels uit de onverzadigde zone. Vanuit het grondwater wordt – afhankelijk van de bodemopbouw en de grondwaterstand - door capillaire nalevering de onverzadigde zone aangevuld. Vegetatie kan uit deze zone efficiënt water onttrekken. In zandgronden is de nalevering vanuit het grondwater zeer beperkt, maar in bodems met een fijnere textuur (bijvoorbeeld silt) is de nalevering groter. Door de capillaire nalevering daalt de grondwaterstand. Wanneer de bodem te droog is neemt de transpiratie af en begint droogteschade aan groen te ontstaan

(paragraaf 3.1.4). Een beperkt aantal soorten is in staat met zijn wortels water direct uit het grondwater te onttrekken.

Door evaporatie en transpiratie kan de grondwaterstand dalen tot onder het oppervlaktewater niveau (holle grondwaterstand). Hierdoor infiltreert er water vanuit het oppervlaktewater naar het grondwater. In de praktijk is de invloedzone van het oppervlaktewater beperkt tot enkele meters. De doorwerking is geringer naarmate de bodem kleiiger en daarmee minder doorlatend is. Daling van het grondwaterniveau tot onder het niveau van de drainage zorgt ervoor dat buizen droog komen te staan en het proces van verstopping wordt versneld. Te lage grondwaterstanden, zogenaamde grondwateronderlast, leidt ook tot rot van houten funderingspalen (schimmel), bodemdaling en verschilzettingen, en vervolgens tot schades aan funderingen, infrastructuur en openbare en private terreinen.

Riolering in West-Nederland ligt vaak in het grondwater. Hierdoor kan zelfs in droogweer situaties ook grondwater afgevoerd worden via lekkende riolering. Ook dit draagt bij aan een grondwaterverlaging en daarmee aan schades.

Bij langdurig warm en droog weer gaat de oppervlaktewaterkwaliteit achteruit. Dit betekent onder andere een vergrootte kans op botulisme, (blauw)algenbloei en stankoverlast. Ook de bacteriologische kwaliteit is dan een punt van zorg.

Bij verdamping en transpiratie van water wordt warmte aan de lucht onttrokken, wat verkoelend werkt. Als in droge periode dit proces stopt, neemt de kans op hittestress toe. De inkomende straling kan immers alleen als voelbare warmte het systeem verlaten. Daarom blijven bossen en parken fris en kunnen vooral gebieden met een hoge verhardingsgraad erg warm worden.



### 3 Stedelijke waterkwaliteit, recreatie en groen

#### 3.1 Overzicht schademechanismen

##### 3.1.1 Verlaging woningwaarde door verminderde waterkwaliteit

Een uitzicht op water met drijvend vuil, algen (groene soep) of kroos dat gaat stinken door zuurstofloosheid, heeft effect op het woongenot en daarmee op de woningwaarde.

##### 3.1.2 Schade aan recreatie door verminderde waterkwaliteit

Droogte kan door een verminderde waterdiepte of door een beperking van de doorspoelmogelijkheden leiden tot opwarming, zuurstoftekorten, kroosvorming en algenbloei in stedelijke zwemwateren. Dit water is dan niet meer geschikt om in te zwemmen of te vissen en soms zelfs minder geschikt om op te varen en leidt daarmee tot verminderde opbrengsten voor recreatie-exploitanten. Volgens deskundigen wordt jaarlijks voor circa 50% van de zwemwateren een negatief zwemadvies afgegeven voor een periode die varieert van een week tot anderhalve maand. Niet bekend is of stedelijke zwemwateren hierin slechter scoren dan daarbuiten.

##### 3.1.3 Schade aan groen door brand

Het lijkt geen twijfel dat bosbranden vooral voorkomen tijdens droogteperiodes, maar tekorten aan grondwater of oppervlaktewater spelen hierin geen rol. Brand in groengebieden treedt meestal op in droge bossen, heide- en duingebieden; in een aantal gevallen zijn daar (villa)wijken gebouwd. De grondwaterstanden in deze gebiedstypen zijn vaak al laag, ordegrrootte enkele meters beneden maaiveld. Ook is watertoevoer in dit type gebieden in de regel niet aanwezig. Brandputten worden vrijwel altijd in diepe watervoerende pakketten geïnstalleerd om leveringszekerheid te waarborgen. Het brandrisico in deze wijken zou beperkt kunnen worden door het aanwezige groen in droge perioden van water te voorzien (irrigatie), maar dit lijkt zeker in Nederland nog niet opportuun. Vooralsnog lijkt dit schademechanisme niet relevant voor het onderhavige onderzoek.

##### 3.1.4 Droogteschade aan groen

Verdroging (structureel te lage grondwaterstanden) of het uitzakken van de grondwaterstand in extremere droge perioden in tuinen kan zowel op het openbare terrein als in particuliere tuinen leiden tot:

- 1 Extra sproei-behoefte vanuit leidingwater met extra drinkwatergebruik als gevolg; andere bronnen van water zoals lokaal grondwater, drainwater of oppervlaktewater worden in Nederland (nog) nauwelijks gebruikt
- 2 Doodgaan van planten (vast en jaarlijkse), struiken en bomen, direct als gevolg van vochttekort of indirect als gevolg van een grotere vatbaarheid voor ziekten.

Planten nemen water op uit de bodem door hun wortels en verdampen dit water via hun huidmondjes in de bladeren. Lange perioden zonder neerlag leiden tot verdroging van de bodem en het uitzakken van de grondwaterstand. Dit speelt zowel op particulier terrein als op het openbare terrein.

In droge (bodem) omstandigheden kunnen planten minder vocht en daarmee minder voedingsstoffen opnemen. Daarnaast worden huidmondjes gesloten om verdamping te beperken, waardoor de assimilatie (en groei) beperkt wordt. Dit beperkt de groei en uiteindelijk de vitaliteit. Dit geldt voor de gewenste begroeiing, maar ook voor de ongewenste (het onkruid). Droogte beperkt of voorkomt daarnaast de kieming van onkruid. Hieronder worden de belangrijkste zes gevolgen van droogte voor groen besproken (Spijker, 2012).

### *Uitval van beplanting (bomen en struiken)*

Het huidige Nederlandse klimaat kent een afwisseling van warme en droge periodes en vochtige en droge periodes. De beplanting in Nederlandse steden is daarop aangepast. In huidige droge zomers zie je vooral veel uitval van jonge beplanting ( $\leq 3$  jaar), maar ook oudere bomen en struiken kunnen beperkt iets meer uitval geven. Uitval van beplanting leidt tot hogere kosten voor vervangingen.

Een belangrijke risicofactor geldt met name voor bomen en struiken die normaal gesproken gevoed worden vanuit het grondwater. Indien dit grondwater in een extreem droge periode diep wegzakt, dan kunnen deze bomen een snelle daling niet volgen met wortelgroei en kan dit lijden tot vroegtijdige bladval. Sommige boomsoorten kunnen hier niet goed tegen en van deze boomsoorten zal een deel direct uitvallen. Belangrijk is ook een verwachte toename van secundaire aantastingen (ziekten en plagen) bij bomen die een vorm van droogtestress hebben.

Volledigheidshalve moet worden vermeld dat een grondwaterdaling als gevolg van droogte een gunstig effect zal hebben op de groei van bomen op plaatsen waar het volume aan benodigde doorwortelbare ruimte is beperkt door een (te) hoge grondwaterstand.

### *Water geven*

In droge periodes is water geven een belangrijke maatregel. Dit is van zeer groot belang voor jonge beplanting, maar ook voor oudere bomen en planten in periodes van langdurige watertekorten. Langere droge periodes leiden tot een toename van de kosten voor water geven. En de kans op langere droge periodes zal toenemen als gevolg van klimaatverandering. Mocht aan water geven beperkingen worden gesteld (zoals waterschappen nu soms doen voor het water geven in de landbouw vanuit het oppervlaktewater), dan is een veel grotere uitval mogelijk dan de afgelopen jaren optrad bij droogte. Bij water geven wordt voor openbaar groen meestal gebruik gemaakt van oppervlaktewater. Voor tuinen wordt meestal gebruik gemaakt van drinkwater.

### *Verziltting*

Verziltting kan leiden tot grotere uitval en hogere kosten voor water geven. In het W+ scenario is het risico van verziltting groter:

- Door de zeespiegelrijzing en een lagere grondwaterstand in droge perioden wordt de kweldruk van zoute kwel langs de kust hoger.
- Door de zeespiegelstijging zal het zoute water stroomopwaarts hoger de rivieren op kunnen trekken, zeker bij zeer lage rivierafvoeren.
- Door de grotere neerslagtekorten zal er vaker verzilt water moeten worden ingelaten in het oppervlaktewater, bijv. om schade aan waterkeringen te voorkomen.
- Ook kan een afgenomen aanbod aan Rijnwater leiden tot minder mogelijkheden van doorspoelen met zoet water van oppervlaktewater in de kustregio's.
- Verziltting van grondwater en bodemvocht is direct bedreigend voor de meeste bomen en struiken, al zijn er van soort tot soort wel grote verschillen in zouttolerantie.

*Ziekten en plagen*

Ziekten en plagen kunnen leiden tot uitval of noodzakelijke behandelingen (bijvoorbeeld eikenprocessierups). Een warmer klimaat leidt tot veranderingen in soortensamenstelling van op en bij bomen en struiken levende organismen. Dit kan aanleiding geven tot het optreden van nieuwe ziekten en plagen, maar ook tot het verdwijnen van in het verleden optredende plagen. Het is echter vooralsnog niet aan te geven of dat leidt tot een verschuiving naar een gemiddeld betere of slechtere gezondheid van het stedelijk groen.

Ten gevolge van droogtestress kunnen bomen en struiken gevoeliger worden voor secundaire aantastingen zoals Honingzwam, Reuzenzwam en bepaalde bastziekten.

*Minder groei en kieming*

In perioden van droogte hoeft er minder gemaaid te worden doordat het gras langzamer of helemaal niet groeit. Door droogte wordt de kieming en groei van onkruid eveneens beperkt, zodat de frequentie en intensiteit van onkruidbestrijding in perken en struikbeplantingen afnemen. Hierdoor kunnen twee belangrijke kostenposten verminderd worden.

*Meer groei*

Voor beplantingen waarvoor geen vochttekort optreedt (bijvoorbeeld beplantingen waarvan de vochtbehoefte nog geheel vanuit het grondwater kan worden gedekt) geldt dat een hogere gemiddelde temperatuur en een daarmee gecombineerd langer groeiseizoen leidt tot meer groei. Dit kan leiden tot extra benodigde onderhoudsmaatregelen als snoeien. Voor gazon kan het betekenen dat een of twee (5 à 10%) extra maaibeurten nodig zijn.

### 3.1.5 Natschade aan groen in tuinen en parken

Te hoge grondwaterstanden kunnen leiden tot verdrinking van begroeiing en tot het omwaaien van bomen als gevolg van te beperkte bewortelingsmogelijkheden. In zettingsgevoelige gebieden is maaiveldzakking vaak de oorzaak van de natte omstandigheden (Arcadis, 2000). Dit schademechanisme is daarmee niet los te zien van maaivelddaling (paragraaf 4.1.1).

## 3.2 Kwantificering schadeposten

### 3.2.1 Verlaging woningwaarde door verminderde waterkwaliteit

Wonen aan water is aanmerkelijk duurder. Schattingen van de WOZ-waarde van identieke woningen aan water of 'gewoon aan de straat' duiden op een prijsverschil van rond de 7 – 10 %. Wonen aan vies, onaantrekkelijk water zal ten minste een lagere meeropbrengst leveren dan wonen aan schoon water.

Voor het project Waterkwaliteit Volkerak-Zoommeer (VZM) is een batenpost opgenomen voor de woningwaarde van het omliggende vastgoed als de waterkwaliteit van het meer verbetert. (Waringa, 2009). Hier is gerekend met een verwachte toename van het doorzicht van het water tussen de 0 en 50 cm. De stijging van de woningwaarde zou dan tussen de 0,3% en 0,9% bedragen. Op één locatie is de verwachting dat het doorzicht verbetert met 85 tot 135 cm; de stijging van de woningwaarde zou dan tussen de 0,8% en 2,4% bedragen. Vervolgens is gesteld dat er maar enkele maanden per jaar baten zijn van een verbeterde waterkwaliteit, en daarom wordt maar 25% van deze woningwaardestijging meegenomen in de kosten-batenanalyse. In de analyse is tot 600 meter van het VZM een waarde-effect verondersteld.

Het rapport van Waringa is voor zover bekend de enige informatiebron voor baten die gerelateerd zijn aan waterkwaliteit. De vraagstelling voor het Volkerak Zoommeer was heel

anders dan de onderhavige. De landelijke kostenraming die op basis van dit rapport is opgesteld, mag dan ook alleen worden beschouwd met inachtneming van de volgende, punten:

- Er wordt een verband verondersteld tussen woningwaarde en stankhinder (via de waterkwaliteitsparameter “doorzicht”), gebaseerd op drie publicaties uit het buitenland. Hiervan kon er één worden getraceerd (Ready & Abdalla, 2003). Het betreft een zogenaamd staff paper, dat binnen de universiteit wordt gecirculeerd en geen formele beoordeling heeft ondergaan.
- Een onderbouwing van de (kwantitatieve) relatie tussen doorzicht, stankhinder en woningwaarde kon niet worden gevonden.
- Een motivatie voor de aanname van een invloedsgebied van 600 meter kon niet worden gevonden.
- Het is de vraag of een verslechtering van de waterkwaliteit tegengesteld gelijk is aan het effect van een verbetering.
- Tevens is het de vraag of een geleidelijke verandering van de waterkwaliteit eenzelfde effect oplevert als een projectmatige (en in tijd begrensde) aanpak die mogelijk meer maatschappelijke bekendheid zal hebben.
- Het feit dat de huidige overlast slechts een beperkt aantal maanden per jaar optreedt, bemoeilijkt het maken van een schatting van de kosten of baten. De invloed van informatie-asymmetrie tussen verkoper (die het wel weet) en koper (die het niet weet) is niet goed te kwantificeren.

Voor een landelijke schatting van de kosten van een verlaging van de woningwaarde als gevolg van een slechte waterkwaliteit is uitgegaan van een invloedsgebied van 50 meter. Dit is beduidend minder dan de eerder genoemde 600 meter. Hiervoor zijn de volgende argumenten aan te voeren: (1) het Volkerak Zoommeer betreft een specifieke situatie met een groot oppervlak, relatief veel wind en een vlak, relatief kaal landschap. (2) In veel Nederlandse beleidsnotities m.b.t. geurhinder worden zoneringen gehanteerd in de orde van grootte van 100 meter. (3) De afstand van 50 meter is ingegeven door het feit dat de eerste rij woningen langs een oppervlaktewater dan tot het invloedsgebied behoort, hetgeen als realistisch wordt ervaren. (4) Bij een invloedsgebied van 600 meter zou vrijwel elk woonpand in Nederland beïnvloed worden, wat niet realistisch is.

Om een indruk van de potentiële schade te krijgen zijn de WOZ-waarden (gebaseerd op gemiddelde WOZ waarde per buurt, prijspeil 2008, bron CBS) van alle adressen met woonbestemming binnen 50 meter van Nederlands binnenwater gesommeerd. De gezamenlijke aldus berekende WOZ-waarde is 287 miljard Euro. Als het VZM representatief zou zijn voor Nederland, bedraagt de potentiële waardevermindering 0,3-0,9% hiervan = 0,9 à 2,6 miljard Euro.

Een belangrijke aanname is dan dat de huidige waterkwaliteit van het Volkerak-Zoommeer representatief is voor heel Nederland. Om deze aanname te toetsen zijn de verschillende stroomgebiedsbeheerplannen voor de Kaderrichtlijn Water geraadpleegd. Voor elk stroomgebied is het totaaloordeel over de algemene fysische chemie in kaartvorm weergegeven<sup>3</sup>. De algemene fysische chemie is onder meer gebaseerd op nutriëntgehalten en doorzicht; parameters die van belang zijn voor bijvoorbeeld het ontstaan van blauwalgen en/of die ook door Waringa (2009) worden gebruikt. Uit deze kaarten blijkt dat een

---

3. *Stroomgebiedbeheerplannen Eems, Maas, Rijndelta en Schelde: kaarten 19b: KRW-Monitoringresultaten oppervlaktewaterlichamen Algemene fysische chemie totaaloordeel (combinatie OM en TT monitoring; rapportagejaar 2009.*

substantieel deel van de Nederlandse wateren beter beoordeeld wordt op dit aspect dan het Volkerak-Zoommeer. De kaarten suggereren ook dat de beoordeling in stedelijk gebied niet wezenlijk anders is dan in het omringende landelijke gebied. Bovendien treedt de overlast slechts een beperkt deel van het jaar op. Waringa (2009) gaat bijvoorbeeld uit van een daadwerkelijke overlast gedurende 3 maanden per jaar. Om deze redenen wordt de actuele waardevermindering als gevolg van een slechte waterkwaliteit een orde van grootte lager geschat, en komt dan op een orde van grootte van 0,1 tot 0,3 miljard Euro.

In een rapport over zwemwaterkwaliteit (Burgers & van der Vat 2007, zie paragraaf 3.3.) wordt een aanname gehanteerd van een vermindering van 20% van de schade door implementatie van KRW-maatregelen. Als dit effect gelijk is aan de positieve effecten van de KRW-maatregelen, dan zou dit betekenen dat een aan droogte toerekenbare schadepost kan bestaan van 0,02 tot 0,06 miljard Euro.

Het verkoopmoment is het moment waarop deze schade tot uitdrukking komt. Uit gegevens van het CBS blijkt dat in 2010 de verhuismobiliteit in Nederland 88 personen per 1000 inwoners bedroeg. Aannemende dat dit representatief is voor het bevolkingssegment dat van koopwoningen wisselt en dat elke woning even vaak wordt doorverkocht, wordt elke woning gemiddeld eens per circa 11 jaar doorverkocht. Ten behoeve van de berekening van de netto contante waarde (zie bijlage E) is deze verkoopfrequentie aangehouden, hoewel de werkelijke frequentie in lager wordt ingeschat.

#### **Conclusie**

- De verlaging van woningwaarde door slechte waterkwaliteit heeft een ordegrrootte van enkele honderden miljoenen Euro's.
- Hiervan zijn enkele tientallen miljoenen Euro's toekenbaar aan droogte effecten.
- De onzekerheidsmarge rond deze schattingen bedraagt enkele tientallen % (zie de genoemde onzekerheidsbronnen en aannamen).

*Berekening economische waarde waterkwaliteit op basis van betalingsbereidheid*

Omdat voor de berekening van de economische waarde op basis van gebruiksfuncties veel verschillende data beschikbaar dienen te zijn, kan ook worden gekeken naar de bereidheid van burgers om te betalen voor een bepaalde kwaliteit van een bepaalde stedelijke maatschappelijke functie. Een (niet-stedelijk) voorbeeld van deze benadering is weergegeven in onderstaande tabel (VMM, 2008). In Nederland heeft een huishouden gemiddeld 100 Euro over om een goede ecologische toestand van de Nederlandse oppervlaktewateren te bereiken (op basis van betalingsbereidheid).

Land	Willingness To Pay per huishouden	Bron
Nederland	€ 100	(Brouwer, 2004)
Internationaal Scheldestroomgebied	€ 30	(Brouwer, 2007)

Bron: VMM, 2008

*Berekening economische waarde waterkwaliteit als percentage van BBP*

In een studie van de OECD (OECD; 2008) wordt het effect van watervervuiling geschat op 2% van het BBP. In dit voorbeeld gaat het overigens niet alleen om een afname van de oppervlaktewaterkwaliteit door droogte, en gaat om het totaal van alle oppervlaktewateren in Nederland.

### 3.2.2 Schade aan recreatie door verminderde (zwem)waterkwaliteit

De beschikbare informatie heeft alleen betrekking op zon- en zwemrecreatie. Informatie over vis- en vaarrecreatie kon niet worden gevonden, hoewel dit toch grote economische sectoren zijn.

Bij deze schadepost kan gekeken worden naar de kosten voor de recreant om elders wel te kunnen zwemmen, en de gedeerde inkomsten van recreatie-exploitanten. De omvang van beide typen schade is bepaald door het aantal dagen dat er door een optredende slechte waterkwaliteit niet gezwommen kan worden (en er wel behoefte bestaat) te combineren met de kosten per verloren zwemdag.

*Kosten voor de recreant*

In de batenstudie KRW-WB21 (Burger en Van der Vat, 2007) is een redeneerlijn opgezet om de hoeveelheid schade bij zwemwater als gevolg van blauwalgen te schatten. Hierbij is een schatting gemaakt van het aantal dagen sluiting per jaar, het aantal zwemmers per dag, het aantal zwemlocaties, de prijs van een zwembadkaartje (als alternatief; de kosten die de recreant maakt), en een correctie voor de reactie van zwemmers bij afgifte van een zwemverbod. Dit laatste geldt omdat niet iedereen bij een zwemverbod naar een naburig zwembad gaat. De totale schade bedraagt volgens dit rapport 0,4 miljoen Euro per jaar als gevolg van sluiting van zwemlocaties, en 1,3 miljoen Euro per jaar als ook het effect van negatieve zwemadviezen (waarschuwingsdagen) wordt meegenomen.

Als rekening gehouden wordt met het onderscheid tussen stedelijk en landelijk zwemwater, dan worden de kosten lager. In genoemd rapport staan de zwemlocaties in de provincie Utrecht vermeld, waaruit blijkt dat grofweg driekwart van de locaties niet-stedelijk is. Uit een snelle verkenning is de indruk verkregen dat dit percentage in veel andere provincies, met name de kustprovincies, nog lager ligt. De definitie van 'stedelijk' is in dit verband overigens niet eenduidig te maken; bij welke afstand tot de stadsrand is een zwemwater nog stedelijk?

Uitgaande van 25% stedelijke zwemlocaties is de maximale schade als gevolg van blauwalgen in officiële zwemlocaties te bepalen op hooguit 0,1 – 0,3 miljoen per jaar.

Bij deze kosten zijn niet de extra reiskosten voor de recreant inbegrepen. Bovendien geldt als aanvullende aanname dat de randvoorwaarden voor algenbloei in stedelijke zwemlocaties hetzelfde zijn als voor niet-stedelijke zwemlocaties.

Dit is echter het totale effect, zonder uitsplitsing naar oorzaken of maatregelen. In hetzelfde rapport wordt aangegeven dat het lastig is de baten van KRW-waterkwaliteitsverbeteringen te bepalen, aangezien de vermindering van het aantal blauwalgplagen niet generiek te voorspellen is. Als aanname gebruiken de auteurs een vermindering van 20% van de schade door implementatie van KRW-maatregelen. Als dit effect gelijk is aan de positieve effecten van de KRW-maatregelen, dan zou dit betekenen dat voor de stedelijke zwemwateren een schadepost kan bestaan van hooguit 20 – 60 duizend Euro per jaar.

#### *Kosten voor de exploitant*

Volgens Witteveen & Bos e.a. (2006) levert een dagje zonnen/zwemmen aan een binnenwater een exploitant gemiddeld 0,64 EUR per dag op (prijsspeil 2005). Dit kengetal is ontleend aan het Continu Vrije Tijds Onderzoek (Sociaal-Cultureel Planbureau, bewerking Stichting Recreatie, 2006). Wordt aan dit kengetal het aantal verloren zwemdagen per jaar volgens Burgers en van der Vat (2007) gekoppeld, alsmede de correctie voor de reactie van zwemmers bij afgifte van een zwemverbod (zie 'Kosten voor de recreant'), dan ligt de schade voor alleen de stedelijke zwemwateren in de orde van grootte van enkele tienduizenden Euro's per jaar. Als hier nog eens 20% van wordt toegerekend aan droogte (cf. Burgers en Van der Vat 2007, zie hierboven), blijft een schadebedrag in de orde van grootte van tienduizend Euro over.

#### **Conclusie**

- De jaarlijkse schade voor de zon- en zwemrecreanten, toerekenbaar aan droogte, heeft een ordegrrootte van enkele tienduizenden Euro's; schadebedragen voor de sportvisserij en de pleziervaart zijn niet bekend.
- De totale jaarlijkse schade, toerekenbaar aan droogte, is enkele tienduizenden Euro's.
- De onzekerheidsmarge rond deze schattingen is door de noodzakelijke, grove aannamen, vele tientallen procenten. Niet meegenomen vis- en vaarrecreatie geeft onderschatting. Er is een aanzienlijke onzekerheid met betrekking tot de bijdrage van droogte. Ook over welke zwemwateren als 'stedelijk' zwemwater kunnen worden aangemerkt, is discussie mogelijk.
- Het is belangrijk op te merken dat het hier sec gaat om schades door droogte.

## 3.2.3 Droogteschade aan groen in tuinen en parken

De inschatting van droogteschade aan groen is voor particulier terrein en openbaar groen separaat geschat.

### *Openbaar groen*

De inschatting van de droogteschade aan openbaar groen is gebaseerd op de huidige kosten van gemeentelijk groenbeheer en expertkennis (Spijker, 2012). Deze zijn gebaseerd op data van de Databank Gemeentelijk Groenbeheer (DGG), waarin de jaarlijkse beheerkosten van het gemeentelijk openbaar groen binnen de bebouwde kom zijn opgenomen (exclusief begraafplaatsen en sportvelden). Jaarlijkse beheerkosten zijn alle reguliere maatregelen aan groen die met een frequentie van meer dan 1 keer per 10 jaar moeten worden uitgevoerd. Niet inbegrepen zijn kosten van renovatie en nieuwe aanleg. Mogelijk is er voor de schaderaming een risico dat grootschalige droogteschade in de database is geboekt als renovatie of nieuwe aanleg.

In de DGG zijn de kosten over 2010 opgenomen van 45 Nederlandse gemeenten. Op basis hiervan is een schatting gemaakt van de jaarlijkse beheerkosten van het totale Nederlandse gemeentelijk groen. Hierbij is gecorrigeerd voor afwijkingen van de samenstelling van de DGG-gegevens in vergelijking met de totale populatie van gemeenten (op basis van CBS-grootteklassen inwonertal).

De totale beheerkosten van gemeentelijk openbaar groen<sup>4</sup> zijn circa 737 miljoen Euro per jaar. Een belangrijk deel van de kosten voor het groen is gemoeid met het onderhoud van struikbeplantingen. Ook aanplant en onderhoud van bomen en gazons zijn een duidelijke kostenpost (zie Tabel 3.1). Kosten voor onderhoud van struikbeplantingen bestaan voornamelijk uit onkruid bestrijden en snoeien. Verreweg de belangrijkste beheerkosten zijn het snoeien van struiken en het maaien van gazons.

Tabel 3.1 *Hoeveelheid gemeentelijk openbaar groen (Binnen de bebouwde kom; excl. sportvelden en begraafplaatsen), de kosten ervan en de verdeling van de kosten. Bron Databank Gemeentelijk Groenbeheer 2011.*

Type element	Hoeveelheid	Jaarlijkse kosten	
	x 1000m <sup>2</sup> of 1000 stuks	x €1.000.000	aandeel
Bos	50.868	13	2%
Bomen (geen bos)	6.933	128	17%
Gazon	278.545	130	18%
Ruw gras, bemaaid	138.076	27	4%
Struiken	192.199	329	45%
Plantenperken	1.144	27	4%
Water en oevers	66.225	25	3%
Wegen en paden; (half)gesloten opp.	11.964	6	1%
Overig groen	7.621	12	2%
Speelvoorzieningen	282	34	5%
Diverse	355	6	1%
<b>Totaal</b>	<b>754.212</b>	<b>737</b>	<b>100%</b>

<sup>4</sup> Binnen de bebouwde kom; excl. sportvelden en begraafplaatsen



In Nederland is (indicatief) onderzoek verricht naar de relatie tussen bodemgesteldheid en de uitgaven van gemeenten aan de groenvoorziening. Dit met als doel de verdeling van de budgetten volgens het gemeentefonds afhankelijk te maken van de bodemgesteldheid voor dit aspect. De uitkomst hiervan wordt omschreven als: "Voor het cluster groen van het gemeentefonds heeft de gemeente Gouda in het artikel-12-traject kunnen vaststellen dat verfijning binnen dit cluster niet haalbaar is, vanwege de verregaande beleidsvrijheid voor gemeenten op dit taakgebied en het ontbreken van normatieve methodieken voor het ramen van de kosten" (Platform Slappe Bodem, 2012). Hier kunnen voor de schadeberekening dus geen aangrijpingspunten worden gevonden.

#### *Kosten van klimaatverandering (droogte)*

De gevoeligheid van vegetatie voor droogte hangt af van de afstand van de wortelzone tot het grondwater en het vochtvasthoudend vermogen van de wortelzone. Hoe dieper het grondwater zit, hoe meer droogtegevoelig de vegetatie is, mede omdat het vochtvasthoudend vermogen van de wortelzone meestal niet zo groot is als gevolg van het type grond dat is gebruikt als teeltlaag.

Een inschatting van de precieze kosten als gevolg van droogte zijn niet uit de data van de DGG af te leiden. Uit het verleden is bekend dat onder de huidige klimaatcondities droogte zorgt voor een verschuiving van activiteiten. Bij aanhoudende droogte hoeft minder gedaan te worden aan onkruidbestrijding en grasmaaien door verminderde groei en kieming. In de huidige situatie compenseren de lagere kosten van onkruidbestrijding en grasmaaien de meerkosten van water geven.

Het klimaat verandert mogelijk sneller dan dat bomen zich kunnen aanpassen. Uitval van bomen, maar ook struiken, is daarom in potentie de grootste schadepost bij droogte. Indien, analoog aan de verwachte toename van droogteschade bij landbouw onder een W+ klimaat in 2050 (Deltares, 15 mei 2011), de droogteschade voor stedelijk groen in de vorm van uitval ook met circa 10% toeneemt, dan gaat het al gauw om enkele miljoenen Euro's per jaar. De mate van uitval kan worden verminderd als bij de keuze van bomen nu al rekening wordt gehouden met gewijzigde groeiplaatsomstandigheden. De levensduur van een gemiddelde straatboom in Nederland is namelijk circa 39 jaar. Adaptatie bestaat dan bijvoorbeeld uit de aanplant van exemplaren van soorten die nu al in Nederland groeien, maar afkomstig zijn uit zuidelijker streken.

Tegenover een dergelijke verschuiving naar meer droogtebestendige soorten staat de behoefte aan groen dat meer verdampt om de hitte in de stad te temperen. Meer verdamping onder warme omstandigheden betekent niet alleen een grotere behoefte aan water maar ook een grotere uitval ingeval dat water ontbreekt.

Ziekten en plagen kunnen een grote schadepost worden. Dit laat zich echter zeer lastig voorspellen. Bovendien kunnen ook andere oorzaken een rol meespelen dan klimaatverandering (alleen). Ook kunnen nieuwe ziekten en plagen tot extra jaarlijkse beheerkosten leiden, zoals de bestrijding van de eikenprocessierups laat zien. Onduidelijk is echter of er zich in het W+ scenario meer ziekten en plagen zullen voordoen dan in de andere klimaatscenario's.

Er zijn enkele buitenlandse literatuurbronnen waarin melding wordt gedaan van droogteschade aan stedelijk groen. In de stadsparken van Helsinki was in de (ook daar) droge zomer van 2003 lokaal sprake van aanzienlijke schade aan bomen. Het percentage bomen met droogteschade werd geschat op 3,3% (Holopainen e.a. 2006). In de staat Texas werd in het seizoen 2008-2009 circa \$570.000 besteed aan extra irrigatie en reparatie van

door droogte beschadigde sportvelden en gazons (The State of Texas, 2011). Beide bronnen kunnen echter niet vertaald worden naar de Nederlandse situatie gezien de sterk van Nederland afwijkende omstandigheden in deze gebieden.

### *Kosten watergebruik voor particulier groen*

Het watergebruik van particulieren is onderzocht door TNS NIPO in opdracht van de VEWIN (Foekema en Van Thiel, 2011). Onderdeel hiervan is het gebruik van drinkwater voor besproeiing van de tuinen. In de lente/zomer is het watergebruik 3,7 liter per persoon per dag (= 11 liter per huishouden per dag). Aangezien dit watergebruik alleen in deze periode plaatsvindt, wordt dit voor het jaargemiddelde gedeeld door 3 en komt dit neer op 1,2 liter p.p.p.d. (= circa 1% van drinkwatergebruik). Uit de gegevens blijkt overigens dat aan het eind van de lente van 2010 het watergebruik 30 keer zo hoog was als het berekende jaargemiddelde. Dit laatste geeft een indicatie van hoe veel hoger het watergebruik kan liggen in droge perioden, maar kan niet gebruikt worden voor de vraag hoe veel hoger het watergebruik zal komen te liggen als de wateraanvoer richting de stad gestremd raakt of als de zomer veel droger dan gemiddeld blijkt te zijn.

Jaarlijks geeft een huishouden daarmee 3,6 liter p.h.p.d. x 365 x €1,158 (Geudens, 2011) x 1,06 /1000 = €1,62 uit aan het sproeien van de tuin. In 2003 waren er 4,8 miljoen eengezinswoningen (CBS Statline, 2011) (er is aangenomen dat deze elk een tuin bezitten en in elke tuin gesproeid wordt), waarmee de jaarlijkse kostenpost voor het sproeien van de tuin voor de consumenten 7,7 miljoen Euro bedraagt.

In het rapport (Stone e. a., 2011) wordt geconstateerd dat de effecten van droogte op stedelijke vegetatie in de literatuur wel beschreven wordt, maar dat dit verder onderzocht moet worden om te komen tot conclusies ten aanzien van de omvang van dit effect. Er is (nog) geen sprake geweest van groot verlies aan stedelijke vegetatie als gevolg van droogte in Nederland – behalve dan wellicht in extreem droge jaren -, dus wordt een eventueel verlies aan begroeiing niet apart geregistreerd. De vervanging van bomen of struiken blijft daardoor verborgen in de onderhoudsstatistieken van gemeenten. Het rapport constateert dat het voor de schade bij particulieren nog moeilijker is om hier iets over te zeggen.

Om toch een gevoel te krijgen van de omvang van de markt voor particulieren, is er gekeken naar de omzet van consumentenbestedingen aan planten en bomen. De totale consumentenbestedingen aan bloemen en bomen bedragen rond de 1,2 miljard Euro. In onderstaande tabel (Hoofdbedrijfschap Detailhandel, 2011) staan de bestedingen van de afgelopen 4 jaar weergegeven.

Jaar	Omzet (miljoen Euro)	Cumulatief neerslagtekort (mm) (KNMI)
2007	1.223	0
2008	1.218	109
2009	1.230	197
2010	1.283	45

Het is niet mogelijk de fluctuatie (65 miljoen = 5%) in deze omzet te relateren aan het neerslagtekort in de betreffende jaren. Ook het cumulatieve neerslagtekort in half juni lag in al deze jaren ongeveer rond de 100 mm (iets boven dan de mediaan). Het is ook niet bekend hoe groot het aandeel is wat als vervangingsaankopen voor uitgedroogde of juist eventueel te nat staande planten aangemerkt kan worden. Deze cijfers bieden daarom geen houvast voor een indicatie van nat- of droogteschade in tuinen.

### Conclusie

- Bij droogteperiodes in het afgelopen decennium zijn geen (zeer) grote schadeposten aan het stedelijk groen bekend. Over dit type schade wordt daarom ook geen specifieke data bijgehouden in het groenbeheer.
- Wel hebben gemeenten in droge jaren neerslagtekorten bij bomen en struiken aangevuld door water geven. Hierdoor is verzwakking en sterfte van bomen en struiken voorkomen.
- De totale gemeentelijke beheerkosten voor groen zijn nu 737 miljoen/jaar. Onder het huidige klimaat compenseren de lagere kosten van onkruidbestrijding en grasmaaien bij droogte, de meerkosten van water geven.
- Bij circa 10% meer uitval van de beplanting door droogte, bedraagt de schade enkele miljoenen Euro's per jaar. Sterfte van bomen is dan de grootste kostenpost. Door nu reeds te kiezen voor meer droogtebestendige boomsoorten kan een deel van de schade in de toekomst worden voorkomen.
- De ontwikkeling van ziekten en plagen voor groen, onder een veranderend klimaat, kan niet goed worden voorspeld.
- Heldere relaties tussen bodemgesteldheid en kosten voor groenbeheer zijn niet te leggen met de beschikbare informatie.
- Particulieren besproeien voor krap 8 miljoen Euro per jaar hun tuinen. Dit bedrag is niet te koppelen aan een bepaalde mate van droogte.
- Uitgaven van particulieren voor vervanging van bomen, struiken en planten door droogte zijn (nog) niet te achterhalen.

Samenvattend: schade aan openbaar groen wordt vaak genoemd als zeer voornaam effect van klimaatverandering. Er zal ook zeker schade gaan optreden onder een droger klimaat, maar er zijn nog geen duidelijke kentallen beschikbaar die de vermoede grote omvang van deze schadepost voor het stedelijk gebied onderbouwen.

#### 3.2.4 Natschade aan groen in tuinen en parken

Luijendijk (2006) raamt de kosten van de vervanging van groen in tuinen en het openbaar gebied nabij woningen met grondwateroverlast, op circa 8000 Euro per woning. In dit bedrag is ook het openbaar terrein van gemeenten meegenomen via een gemiddelde toewijzing per woning van arealen openbaar terrein in gemeenten. In deze post van 8000 Euro zit een post van ca. 5000 Euro voor het vergroten van de verdamping door beplanting. Voor zover bekend is dit echter geen in de praktijk gangbare maatregel. Navraag bij een bedrijf gespecialiseerd in groenaanleg en -beheer bevestigt dit. Derhalve is deze post verder niet beschouwd en blijft een post van ca. 3000 Euro over voor het vervangen van bomen, struiken en gazons op particulier en openbaar terrein. Bij een aangenomen aantal van 150.000 woningen gevoelig voor grondwateroverlast (ontleend aan KPMG-Grontmij) betekent dit een totale schadepost van circa 450 miljoen Euro (eenmalig).

Dit is een eenmalige kostenpost waarvan echter niet duidelijk is op welke termijn deze wordt gevoeld. Omdat de schatting op actuele schade betrekking heeft, is het realistisch om te veronderstellen dat deze schade in zijn geheel vóór 2050 gevoeld wordt. Voor de omrekening naar netto contante waarde is uitgegaan van een evenredige verdeling van de schade in de tijd tot 2050 (zie hoofdstuk 6).

De hiervoor beschreven kosten hebben betrekking op bestaand stedelijk gebied. Wanneer wordt aangenomen dat op de langere termijn gemiddeld circa 3%-4% van de nieuwbouwwoningen grondwateroverlast zullen gaan ondervinden (overeenkomstig het percentage grondwateroverlast bij bestaande woningen<sup>5</sup>), nemen de kosten voor het oplossen van daaraan gerelateerde schade aan groen, uitgaande van de door Luijendijk (2006) afgeleide kengetallen, jaarlijks met maximaal 9 miljoen Euro toe (circa 3000 nieuwbouwwoningen met grondwateroverlast per jaar maal 3000 Euro = 9 miljoen Euro). Hierbij is voor het totale aantal nieuwbouwwoningen per jaar uitgegaan van het in 2000 door KPMG/Grontmij gehanteerde aantal van 90.000.

## Conclusie

- De totale kosten van vervanging van groen en het gelijktijdig treffen van maatregelen tegen hoge grondwaterstanden in bestaande situaties, bedragen ongeveer 450 miljoen Euro. Dit is een totale schatting voor zowel particulier als openbaar terrein.
- De verwachting van de jaarlijkse toename van deze kosten door grondwateroverlast bij nieuwbouw bedraagt 9 miljoen Euro.
- Door de verwachte toename van de neerslaghoeveelheden in de natte perioden van het jaar zou bij ongewijzigd beleid de omvang van het overlastprobleem toenemen; niet aan te geven is hoe groot die toename zal zijn.

## 3.3 Kostendragers

In dit hoofdstuk zijn vier relevante schademechanismen geïdentificeerd:

- Verlaging woningwaarde als gevolg van een verminderde waterkwaliteit.
- Verminderde baten zwem- en recreatiewater als gevolg van een verminderde waterkwaliteit.
- Droogteschade aan openbaar en particulier groen.
- Natschade aan openbaar en particulier groen.

De waardedaling van een onroerend goed is een risico dat bij de huizenbezitter ligt. De in de toekomst verminderde opbrengst van een woning kan alleen bij een andere partij geclaimd worden als deze partij verwijtbaar nalatig is of handelingen verricht die rechtstreeks de woningwaarde verminderen (bijv. planschade).

De baten van zwem- en recreatiewater komen primair terecht bij de exploitanten van het zwemwater of aanverwante nabijgelegen bedrijven als horeca of verhuurbedrijven. Consumenten of terreinbeheerders kunnen in de tweede lijn geraakt worden doordat zij verder moeten reizen voor een goede recreatieplaats of omdat zij respectievelijk minder pacht kunnen vragen aan exploitanten.

Droogteschade aan openbaar groen komt voor rekening van de gemeente.

---

5. De aanname dat bij nieuwbouwwijken in vergelijkbare mate grondwateroverlast zal optreden is niet onrealistisch, gelet op het feit dat er op dit vlak nog steeds veel mis gaat bij het bouw- en woonrijp maken, en dat er in waterhuishoudkundig steeds slechtere gebieden gebouwd moet worden (zie bijvoorbeeld SBR, 2007).

Droogte- en natschade in tuinen ligt nagenoeg volledig bij de huizenbezitter. De gemeente heeft wel een zorgplicht voor het doelmatig verhelpen van grondwateroverlast, maar de vraag is of alleen schade aan bomen en struiken dure ingrepen kunnen rechtvaardigen. De bewoner kan door de keuze voor bepaalde (nattolerante) struiken of bomen, bodemverbetering en drainagevoorzieningen ook invloed hebben op de gevolgschade.

Natschade in parken zal door de gemeente (als bezitter en beheerder van het park) gedragen moeten worden.

Uit dit overzicht kan worden geconcludeerd dat het grootste deel van de kosten direct bij de burgers neerslaat. Een ander deel van de dekking komt ten laste van die burger via de gemeentelijke heffingen.

### 3.4 Referenties

Arcadis (2000), *Extra kosten slappe bodem. Eindrapportage*. Gemeente Gouda. Rapport nr. 110401/WAO/3H8/000287, Definitief concept

Brouwer (2004), *Wat is schoon water u waard? Beleving en betalingsbereidheid van Nederlanders voor schoner water*. Lelystad: Riza

Brouwer (2007), *Indicatoren voor kosteneffectiviteit in het Schelde stroomgebied*. IVM Instituut voor Milieuvraagstukken

Burger, D. en M. van der Vat (2007), *Batenstudie KRW-WB21, Vermeden effecten van blauwalgen*, WL Delft Hydraulics en IVM, Q4432.00

CBS Statline (2011), *woningvoorraad naar bouwjaar en woningtyp*.

Deltares (15 mei 2011), *Zoetwatervoorziening in Nederland. Landelijke analyse knelpunten in de 21<sup>e</sup> eeuw*. 1204358-002-VEB-0010

Foekema, H., L. van Thiel (2011), *Watergebruik thuis 2010*, TNS NIPO, C7455

Geudens, P. (2011), *Tarievenoverzicht per 1 januari 2011*, VEWIN

Hoofdbedrijfschap Detailhandel (2011), *bestedingen en marktaandeel* website: [www.hbd.nl](http://www.hbd.nl), bijgewerkt 17 maart 2011

Holopainen, M., O. Leino, H. Kamari, M. Talvitie (2006), *Drought damage in the park forests of the city of Helsinki*. Urban Forestry & Urban Greening 4, pag. 75–83

KNMI (2011), *Cumulatieve neerslagtekorten van de afgelopen jaren*, [www.knmi.nl](http://www.knmi.nl)

KPMG, Grontmij (2001), *Grondwateroverlast in het stedelijk gebied. Een bestuurlijk-juridische en technische analyse als basis voor een structurele aanpak van een al jaren spelend vraagstuk*

Lange, G. de, & J. Gunnink (2011) *Bodemdalingskaarten*. Concept-rapport Deltares / TNO, Utrecht

Luijendijk, E. (2006), *Als een paal boven water*. Afstudeeronderzoek RUG / Grontmij / Sterk Consulting. Document nr. 13/99066894/EL, versie D1.

Platform slappe bodem (2012), [www.slappebodem.nl/kennisgebieden/financieel/verfijning-gemeentefonds/](http://www.slappebodem.nl/kennisgebieden/financieel/verfijning-gemeentefonds/), bezocht 16 februari 2012

Ready R & Abdalla C (2003) *GIS Analysis of Land Use on the Rural-Urban Fringe: The Impact of Land Use and Potential Local Disamenities on Residential Property Values and on the Location of Residential Development in Berks County, Pennsylvania*. Staff paper 364, Department of Agricultural Economics and Rural Sociology, The Pennsylvania State University.

SBR (2007), *Publicatie 'Ontwatering in Stedelijk gebied'*. Documentnr. GD112-7/WEET/04, Rotterdam

Stone, K., R. van Duinen, W. Veerbeek en S. Dopp, *Sensitivity and vulnerability of urban systems, assessment of climate change impact to urban systems*, Deltares, Kennis voor Klimaat, Unesco-IHE en TNO, Deltares rapport nr.1202270-008, augustus 2011

The State of Texas (2011), *Fiscal impact of drought to state agencies and institutions of higher education during the 2008–09 biennium*

Waringa, G.E.A. (2009), *Kosten-batenanalyse waterkwaliteit Volkerak-Zoommeer*, Arcadis i.o.v. Bestuurlijk overleg Krammer-Volkerak, Rapportnummer D03011/CE8/098/008011, pag. 32 en 33

Witteveen en Bos e.a. (2006), *MKBA in de regio – Kengetallen waardering natuur, water, bodem en landschap. Hulpmiddel bij MKBA's*. I.s.m. Stichting Recreatie KIC, Waterloopkundig Laboratorium Delft, ES Consulting, Leerstoelgroep Milieusysteemanalyse WUR, Landbouw Economisch Instituut, SEO Economisch Onderzoek UvA, Rotterdam.

## 4 Gebouwen en stedelijke infrastructuur

### 4.1 Overzicht schademechanismen bij watertekort

#### 4.1.1 Maaiveld daling terreinen

In de voorstudie 'Klimaatbestendige Zoetwatervoorziening Nederland: invloed van tijdelijke peilveranderingen op infrastructuur' (Deltares, 2009; hierna: studie KZN-Infra, 2009) wordt dit schademechanisme als relevant beoordeeld bij watertekort omdat dit vaak het gevolg is van zetting, veenoxidatie of krimp bij lage grondwaterstanden en/of bodemvochtgehalten. Het mechanisme kan op verschillende manieren doorwerken naar gebouwen en infrastructuur, zoals beschreven wordt in de volgende subparagrafen. Vormen van schade door maaiveld daling zijn zakking van tuinen, parken, parkeer- en sportterreinen, met als gevolg de noodzaak tot ophoging.

De vraag kan gesteld worden in hoeverre maaiveld daling een gevolg is van droogte. Grosso modo kan gesteld worden dat maaiveld daling het gevolg is van het breken van een 'historisch laagterecord' van de grondwaterstand. Op het schaalniveau van een (zomer)seizoen wordt dit nieuwe laagterecord mede veroorzaakt door droogte, in de vorm van een hoog verdampingoverschot. Op het schaalniveau van bijvoorbeeld een decennium is het peilbeheer veelal de oorzaak van het laagterecord, omdat zonder peilaanpassingen het grondwater in de bewuste droge zomer niet zo ver zou zijn uitgezakt. Op het nog grotere schaalniveau van een millennium tenslotte, zou gesteld kunnen worden dat de oorzaak van de bodemdaling ligt in het feit dat de mens het veen heeft ontgonnen door middel van ontwatering. Een eenduidig, objectief antwoord op deze vraag is dan ook niet te geven, omdat dit afhankelijk is van de tijdsschaal waarop gekeken wordt. Bij het beschouwen van alle aan maaiveld daling gerelateerde schadebedragen is het dan ook van groot belang deze niet automatisch en voor de volle 100% toe te rekenen aan droogte.

Een specifieke problematiek speelt in recente stadsuitbreidingen, waar een belangrijk deel van de kosten aan wegen, leidingen en huisaansluitingen toe te schrijven is aan het te snel bouwrijp maken en bebouwen.

Een bijzondere vorm van maaiveld daling betreft de daling van het maaiveld in de kruipruimten van woningen. Gevolgen van dit wegzakken van de bodem zijn (1) het ontstaan van grondwateroverlast in de kruipruimte doordat de bodem van de kruipruimte dichter op de grondwaterstand komt te liggen en (2) de instroom van zand langs de gevels en onder de funderingsbalk door, waardoor tegen de gevel – en dus ook in terrassen en tuinen – gaten ontstaan. Probleem 1 wordt opgelost door de bodem van de kruipruimte op te hogen met zand of met schelpen, of door extra drainage onder de kruipruimte te leggen (Leidscheveen; erg duur). Probleem 2 wordt meestal door de woningeigenaren opgelost door telkens aanvullen van de grond.

#### 4.1.2 Grondwateronderlast (funderingsschade)

Grondwateronderlast bestaat feitelijk uit vier relevante submechanismen, namelijk:

- 1 Schade aan houten paalfunderingen door droogstand (paalrot).
- 2 Schade aan houten paalfunderingen als gevolg van negatieve kleeft op houten paalfunderingen.
- 3 Schade aan funderingen op staal door verschilzetting of –krimp.
- 4 Schade aan bebouwing met gemengde fundering (op staal en op palen).

Volledigheidshalve worden hier ook enkele in KZN-Infra (2009) beschreven schademechanismen genoemd die niet bepaald worden door te lage grondwaterstanden of andere vormen van watertekort, of waarvan de omvang van de schade in Nederland gering is, en waarvoor om die reden geen kostenramingen zijn uitgewerkt.

- Schade aan houten paalfunderingen als gevolg van bacteriën lijkt meer afhankelijk van neerwaartse grondwaterstroming door de paal. Deze neemt af bij een freatische grondwaterdaling, en daarmee is dit mechanisme niet relevant voor droogte (KZN-Infra 2009).
- Betonnen paalfunderingen zijn vanaf circa 1950 steeds meer toegepast. Ook werden vanaf 1950 hoge veiligheidsfactoren toegepast in funderingsberekeningen, en vanaf 1975 werd ook 'negatieve kleeft' in rekening gebracht. In de Nederlandse praktijk komt schade aan betonnen paalfunderingen niet veel voor.
- Verandering van de belasting op trekpalen kan juist bij een verhoging van de grondwaterstand leiden tot een onevenredige toename van de belasting op de palen, bv. bij kelders en tunnels. Ook hiervoor geldt dat de omvang van de opgetreden schade gering is.





Figuur 4.1 en Figuur 4.2 geven respectievelijk weer welke gebieden in een bepaalde mate worden blootgesteld aan maaiveld­daling en verschilzetting, en waar paalrot kan optreden. Deze kaarten zijn gebaseerd op informatie over de nog te verwachten mate van bodemdaling en de mate van kwel of infiltratie in een gebied. De totstandkoming van de kaarten wordt toegelicht in bijlage B. Deze bijlage bevat ook kaarten waarin de informatie alleen voor de stedelijke gebieden is afgebeeld.

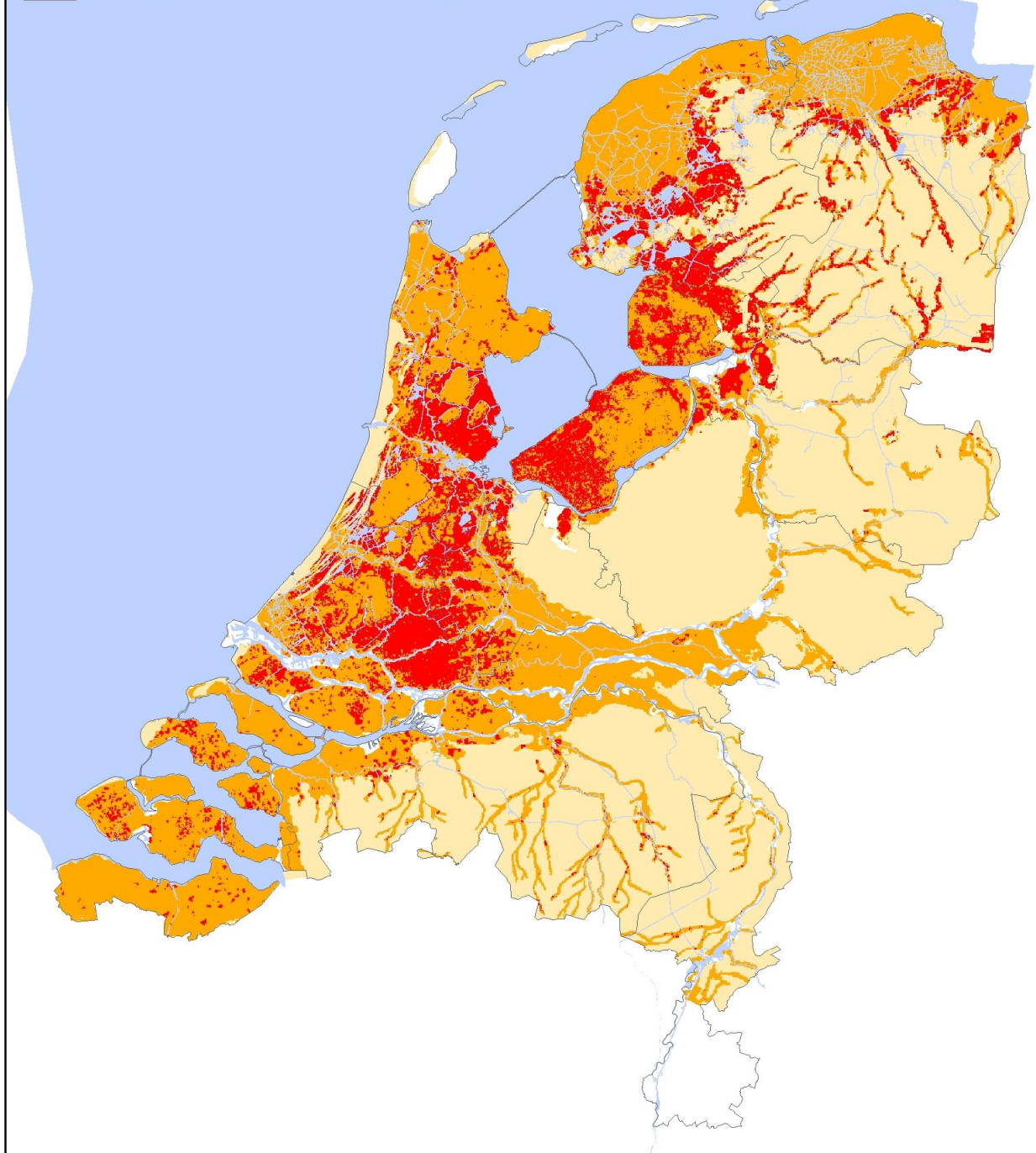
Figuur 4.1 toont dat in vrijwel geheel Laag Nederland, op de duingebieden na, maaiveld­daling en verschilzettingen kunnen optreden. In de laagveengebieden is de blootstelling het hoogst. Hoog Nederland wordt doorsneden door beekdalen. In de grootste beekdalen zijn klei- en plaatselijk veenpakketten aanwezig, waardoor ook hier verschilzettingen kunnen worden verwacht.

Figuur 4.2 toont de gebieden waar grondwateronderlast kan leiden tot paalrot. Uitzonderingen in Laag Nederland zijn de gebieden waarin geen funderingspalen hoeven te worden gebruikt: de duingebieden en op de zandige stroomruggen. In de Flevopolders zijn geen houten palen gebruikt, met uitzondering van Urk en Schokland. In Hoog Nederland komen zeer lokaal relatief dikke kleipakketten voor. Ook daar staan met palen gefundeerde huizen. Hetzelfde is het geval voor enkele grote beekdalen in Noord-Nederland.



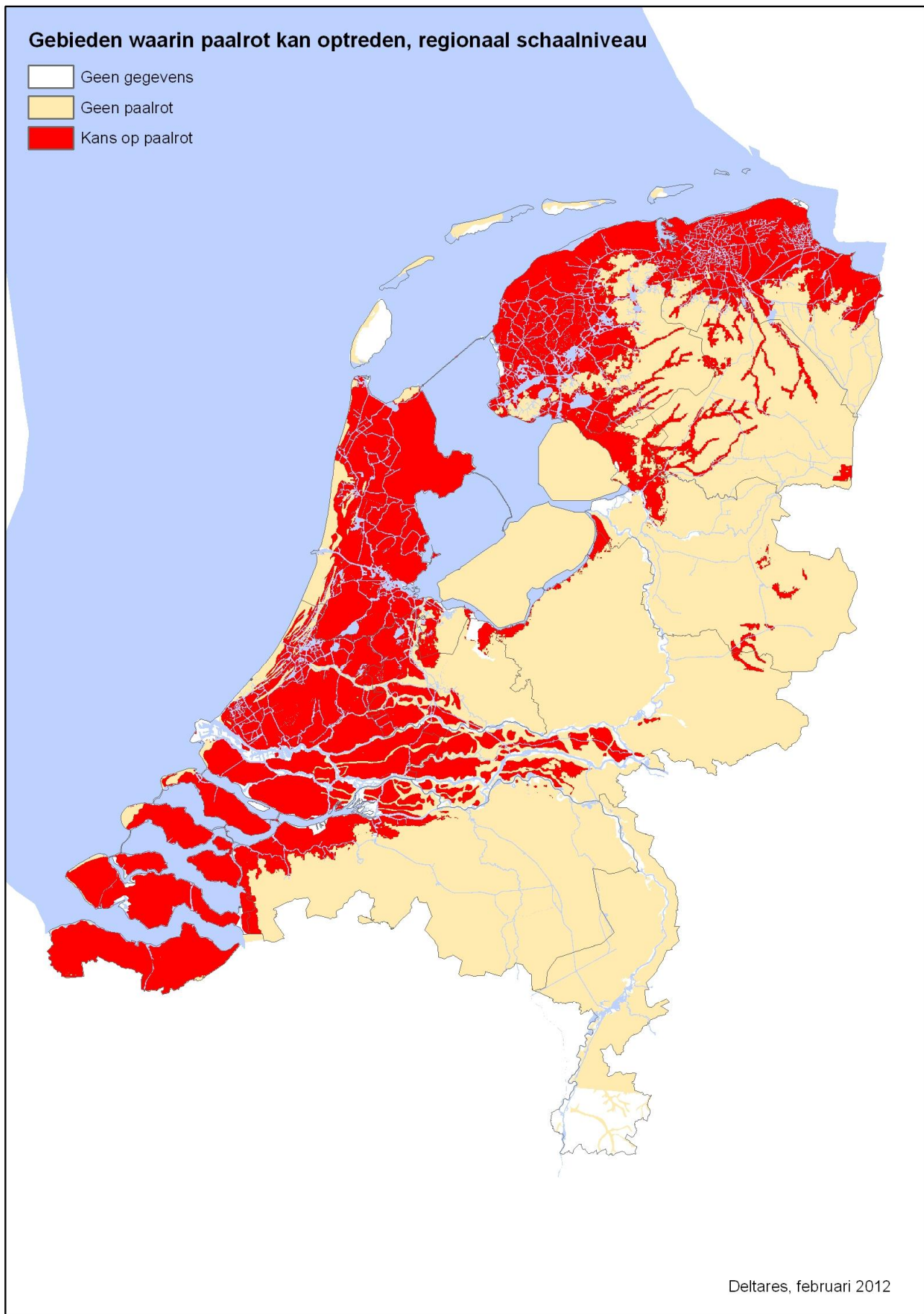
### Gebieden met blootstelling aan maaiveldddaling en verschilzetting, regionaal schaalniveau

-  Geen gegevens
-  Geen blootstelling aan maaiveldddaling en verschilzetting
-  Geringe tot matige blootstelling aan maaiveldddaling en verschilzetting
-  Aanzienlijke blootstelling aan maaiveldddaling en verschilzetting



Deltares, februari 2012

*Figuur 4.1 Gebieden met blootstelling aan maaiveldddaling en verschilzetting.*



*Figuur 4.2 Gebieden waarin paalrot kan optreden.*

#### 4.1.3 Schade aan infrastructuur door ongelijkmatige zakking

Dit schademechanisme is in stedelijk gebied relevant voor de volgende objecten (KZN-Infra, 2009):

- Gemeentelijke rioleringen en huisaansluitingen;
- Wegen en spoorwegen;
- Gasleidingen en waterleidingen (en in veel mindere mate elektriciteit- en telecomkabels omdat deze tegenwoordig vrijwel altijd flexibel zijn).

Zakkingsschade aan wegen omvat (1) de schade aan het wegdek waardoor het sneller groot onderhoud behoeft, (2) de schade doordat wegen moeten worden opgehoogd om op peil te blijven, bijvoorbeeld ten opzichte van de aanliggende woningen die op palen gefundeerd zijn (3) de kosten van ophogingen op plaatsen waar de weg aansluit op een brug en (4) de kosten van op palen gefundeerde duikers, rioleringen en persleidingen onder die wegen die schade oplopen door de “kattenruggen” die zich vormen bij een verzakkende weg.

Ook schade aan (veen)kades in stedelijk gebied (bijv. Wilnis) zou tot deze categorie kunnen worden gerekend. Aangezien dit onderwerp van studie is in het deelprogramma Veiligheid, wordt daarop hier niet verder ingegaan.

#### 4.1.4 Schade aan (woon)schepen en drijvende woningen door droogvallen van waterlopen

In de grote rivieren waar waterstandsfluctuaties regelmatig voorkomen veroorzaakt droogvallen overlast in de vorm van scheefhangende kasten en dergelijke. In de berichtgeving wordt geen melding gemaakt van constructieve schade aan woonschepen als gevolg van droogval (zie bijvoorbeeld het Jeugdjournaal en de Gelderlander). Tijdens de dijkdoorbraak in Wilnis (2003) kwamen tientallen woonboten scheef op de bodem te liggen en trokken leidingen die aan de wal vastzaten krom (zie bijvoorbeeld NRC Handelsblad). Het mechanisme is als relevant beoordeeld.

#### 4.1.5 Verstopping van drainagebuizen door grotere grondwaterfluctuaties

In gebieden waar ijzerhoudend grondwater wordt aangevoerd naar de drainage betekent een langduriger of frequentere grondwaterdaling tot nabij of zelfs onder de drain dat zich meer ijzeroxiden kunnen afzetten rond de drain en dat wortels in kunnen groeien. Dit bekort de levensduur van de buisdrainage en/of noodzaakt tot een hogere onderhoudsfrequentie. Het mechanisme wordt daarom als relevant beoordeeld.

#### 4.1.6 Transportbeperking door oververhitting van elektriciteitskabels

Bij ondergronds elektriciteitstransport komt warmte vrij. Wanneer hoge voltage kabels boven de grondwaterspiegel komen te liggen, kan onvoldoende warmte worden afgegeven en wordt soms om oververhitting te voorkomen het transport beperkt. Dit kan leiden tot stroomtekort in gebieden tijdens lage grondwaterstanden.

## 4.2 Overzicht schademechanismen bij wateroverschotten

### 4.2.1 Schade aan panden met kelders op staal gefundeerd of op trekpalen, a.g.v. wijziging in de opwaartse waterdruk onder de fundering

Omdat dit mechanisme is gerelateerd aan een (grond)waterpeilverhoging, wordt het als relevant beoordeeld (KZN-Infra, 2009).

### 4.2.2 Spoorvorming, ongelijkmatige zakking, gaten en onvlakheid in wegen a.g.v. te geringe drooglegging of taludinstabiliteit

Dit type schade is deels gerelateerd aan de zettingsproblematiek in slappe gronden, omdat zetting de oorzaak is van een afname van de drooglegging, tenzij een peilverlaging wordt doorgevoerd (zie paragraaf 4.1.3). Hoge grondwaterstanden onder een zwaar belaste weg kunnen ook leiden tot plaatselijk falen van het wegdek.

Dit mechanisme kan ook optreden bij spoorwegen, maar is in dat geval niet specifiek voor stedelijk gebied, en wordt om die reden niet verder uitgewerkt.

### 4.2.3 Schade aan houten vloeren, metsel- en stucwerk in gebouwen

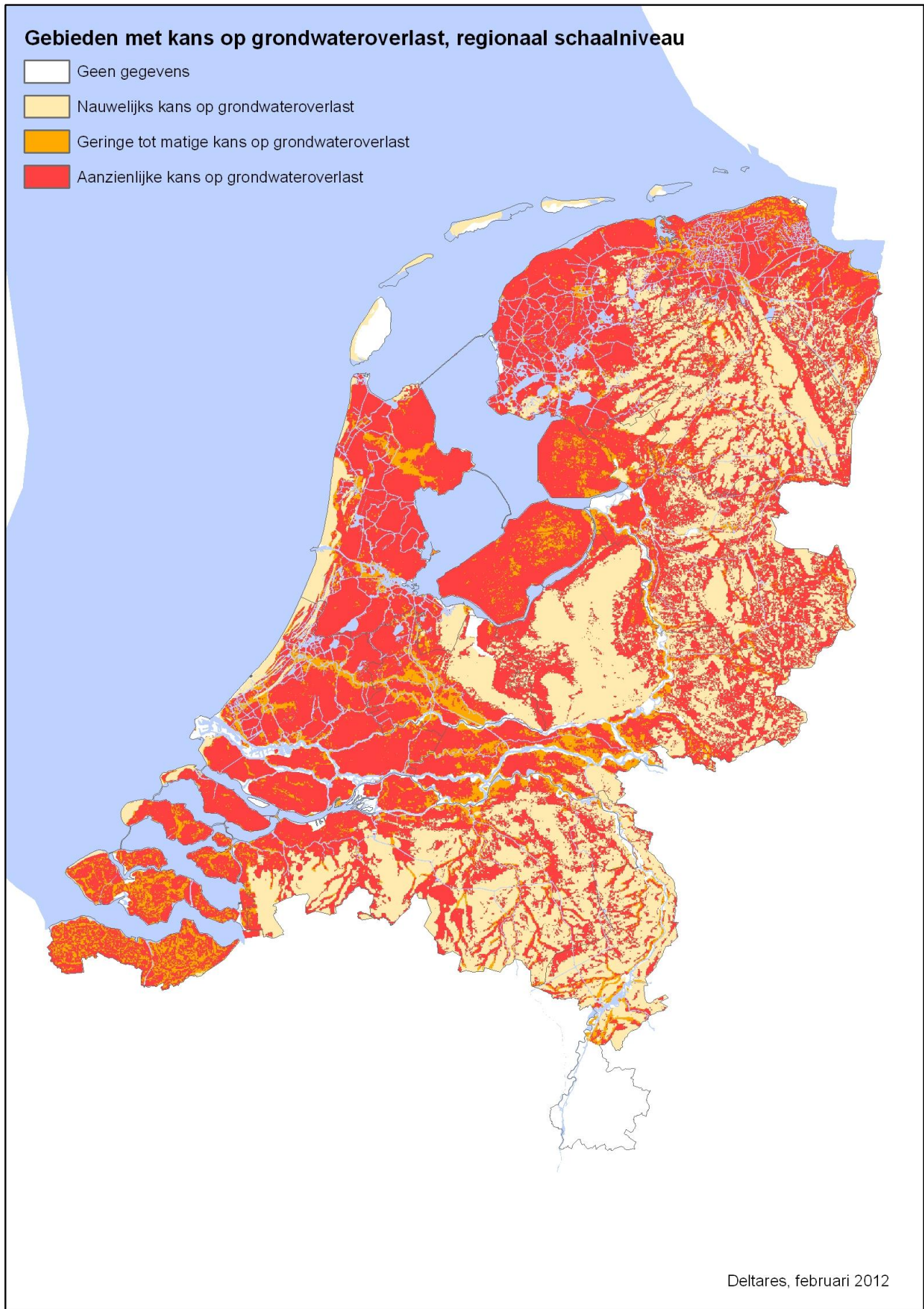
Deze vormen van schade zijn vaak het gevolg van te hoge luchtvochtigheid in kruipruimten en van optrekkend vocht, die op hun beurt het gevolg zijn van te hoge grondwaterstanden. Het mechanisme is daarmee relevant voor de onderhavige studie.

Figuur 4.3 geeft weer waar gebieden liggen waarin grondwateroverlast (te hoge grondwaterstanden) kan optreden. De totstandkoming van de kaart wordt toegelicht in bijlage B. Deze bijlage bevat ook kaarten waarin de informatie alleen voor de stedelijke gebieden is afgebeeld. Uit de kaart blijkt dat dit een erg groot gebied is. Alleen op de hoge zandgronden, op de plaatsen waar de grondwaterstanden laag zijn en geen kwel voorkomt, is er vanuit het fysieke systeem nauwelijks kans op blootstelling aan grondwateroverlast.

### 4.2.4 Schade aan gebouwen en roerende goederen door water op straat

Onder 'water op straat' wordt wateroverlast verstaan die optreedt wanneer de capaciteit van het regenwaterafvoersysteem (vnl. riolering) wordt overschreden. Dit gebeurt hoofdzakelijk bij piekbuien met een hoge intensiteit: veel neerslag in een korte periode.

Dit schademechanisme is al een aantal jaren onderwerp van een brede discussie in de stedelijke waterwereld in Nederland. Met name ondergelopen kelders, winkels en woningen als gevolg van onvoldoende capaciteit in het rioolstelsel zijn met enige regelmaat in het nieuws na hevige buien, meestal in de zomer. De ruimtelijke spreiding van deze incidenten lijkt grotendeels willekeurig. Gezien de aanzienlijke schade, de aandacht van de pers en de regelmaat waarmee de schade optreedt, is dit mechanisme relevant.



Figuur 4.3 Gebieden waarin grondwateroverlast kan optreden.

## 4.3 Kwantificering schadeposten a.g.v. watertekorten

### 4.3.1 Maaiveldaling

#### *Openbaar groen en sportterreinen*

Anders dan voor het weg- en rioleringsbeheer is het niet mogelijk om meerkosten voor openbaar groenbeheer ten gevolge van maaiveldaling op een eenduidige manier te ramen. Redenen hiervoor zijn de verregaande beleidsvrijheid voor gemeenten op dit taakgebied en het ontbreken van normatieve methodieken voor het ramen van de kosten (bron: [www.slappebodem.nl](http://www.slappebodem.nl))

In het jaar 2000 is voor het duurzaam ophogen van alle zettingsgevoelige sport- en groenterreinen in de gemeente Gouda een kostenraming opgesteld (Arcadis, 2000). In de praktijk komt ophoging van parken en plantsoenen echter zelden voor, en wordt in plaats daarvan zo lang mogelijk gekozen voor maatregelen tegen de uit de maaiveldaling voortvloeiende wateroverlast (bv. drainage, waterberging, verticuteren). Voorbeelden zijn het Vondelpark en het Oosterpark in Amsterdam.

#### *Particuliere tuinen, op- en inritten, terrassen en patio's*

In gebieden met maaiveldaling moeten tuinen, opritten, inritten en terrassen met enige regelmaat worden opgehoogd; patio's en andere niet gefundeerde aanbouwen van de woning breken los moeten worden hersteld. En verzakte achtertuinen in binnenterreinen kunnen vaak niet meer als tuin worden gebruikt. Geen informatie is gevonden over aantallen en schade. In de praktijk zullen lang niet alle laaggelegen tuinen worden opgehoogd, met name wanneer er al sprake is van veel begroeiing of inrichting met tuinhuisjes of andere objecten. Men accepteert dan het functie- en waardeverlies tot aan het volgende moment van groot onderhoud.

Geconcludeerd wordt dat de kosten van maaiveldaling in groen- en sportterreinen sterk uiteenlopen, afhankelijk van het lokale gemeentelijke beleid. Betrouwbare landelijke schaderamingen zijn niet te maken.

Een deel van de schadekosten voor maaiveldaling komt terug in de schadepost voor natschade van tuinen en parken, omdat maaiveldaling vaak grondwateroverlast tot gevolg heeft. Het is echter niet te kwantificeren hoe groot dit deel is.

#### 4.3.2 Grondwateronderlast (funderingsschade)

In verschillende literatuurbronnen worden kentallen voor schade als gevolg van grondwateronderlast afgeleid.

- De Mulder e. a. (2003) stelt dat de schade ten gevolge van (verschil)zettingen aan onroerend goed en infrastructuur grofweg circa 1,65 miljard Euro per jaar belooft. Een onderbouwing voor dit getal kon niet worden gevonden. Deze bron wordt dan ook verder niet gebruikt.
- KPMG-Grontmij (2001) leiden op grond van een enquête onder gemeenten in Zuid-Holland (Tauw, 1998) en een inventarisatie in de gemeente Amsterdam (Iwaco, 1999 en Cusell, 2000) af dat minimaal circa 100.000 woningen in laag Nederland grondwateronderlast ondervinden. De auteurs geven daarbij aan dat het hierbij gaat om een onderschatting, omdat grondwateronderlast een weinig zichtbaar proces is met geleidelijk optredende gevolgen, en daardoor vermoedelijk minder snel door sommige gemeenten als zodanig werd herkend. De auteurs gaan vervolgens uit van herstelkosten van omgerekend 9000 Euro. Latere schattingen van herstelkosten zijn aanzienlijk hoger en bovendien uitgebreider onderbouwd (zie hierna). Van deze bron wordt daarom alleen de schatting van 100.000 tot 3 miljoen woningen met actuele onderlastproblemen verder gebruikt.
- Luijendijk (2006) komt op basis van CBS-gegevens (CBS, 2006 en Habiforum, 2004) uit op 830.000 woningen uit de periode 1899-1945. Een kwart hiervan ligt onder de zeespiegel (Van de Ven, 2004) en worden daarmee als gevoelig voor grondwateronderlast beschouwd (circa 200.000 woningen). Voor de kosten voert de auteur een tot in detail gespecificeerde herstelkostenraming op, gebaseerd op kengetallen uit de periode 2003-2006, welke uitkomt op 54.000 Euro. Bij het opstellen van deze kostenraming zijn de meest voorkomende (combinaties van) maatregelen meegenomen, gebaseerd op aanwezige kennis binnen Grontmij.
- Van de Ven et al (2010) melden dat 32% van de gebouwen van voor 1960 kwetsbaar is voor droogte. Het betreft hier bebouwing in wegzijgingsgebieden op klei en/of veen. Deze bron wordt verder niet gebruikt omdat de grens van 1945 relevanter is voor grondwateronderlast.
- Klaassen (2008) komt op basis van schattingen van Fugro (2005-2008) en Veldhuyzen (1963) uit op een aantal van 890.000 woningen op houten palen. Echter na 1950 zitten hier veel funderingen met beton oplangers bij. Panden op staal die gevoelig kunnen zijn voor verschilzettingen worden hierin bovendien niet meegerekend. Deze bron wordt daarom verder niet beschouwd.

Bovengenoemde schattingen van het aantal risicopanden zijn voor onderhavige studie getoetst met behulp van recent beschikbaar gekomen databestanden. Er is bepaald hoeveel panden uit de periode 1890-1945 liggen in gebieden die gevoelig zijn voor maaiveldafval en verschilzetting. Vooral in de periode tot circa 1945 zijn grootschalig houten palen toegepast. Maar ook daarna is nog geregeld op houten palen gefundeerd. Soms met betonnen oplangers, maar soms ook niet. Zelfs nu wordt langs de IJsselmeerkust nog sporadisch op houten palen gefundeerd. Het zwaartepunt van het gebruik van houten palen licht evenwel in de periode tot circa 1945. Om een overschatting van het aantal kwetsbare panden te voorkomen is daarom deze grens aangehouden.

De ligging en ouderdom van panden is afgeleid uit de Basisregistratie Adressen en Gebouwen. Panden kunnen risico's lopen in de gebieden in Figuur 4.1 met een geringe t/m

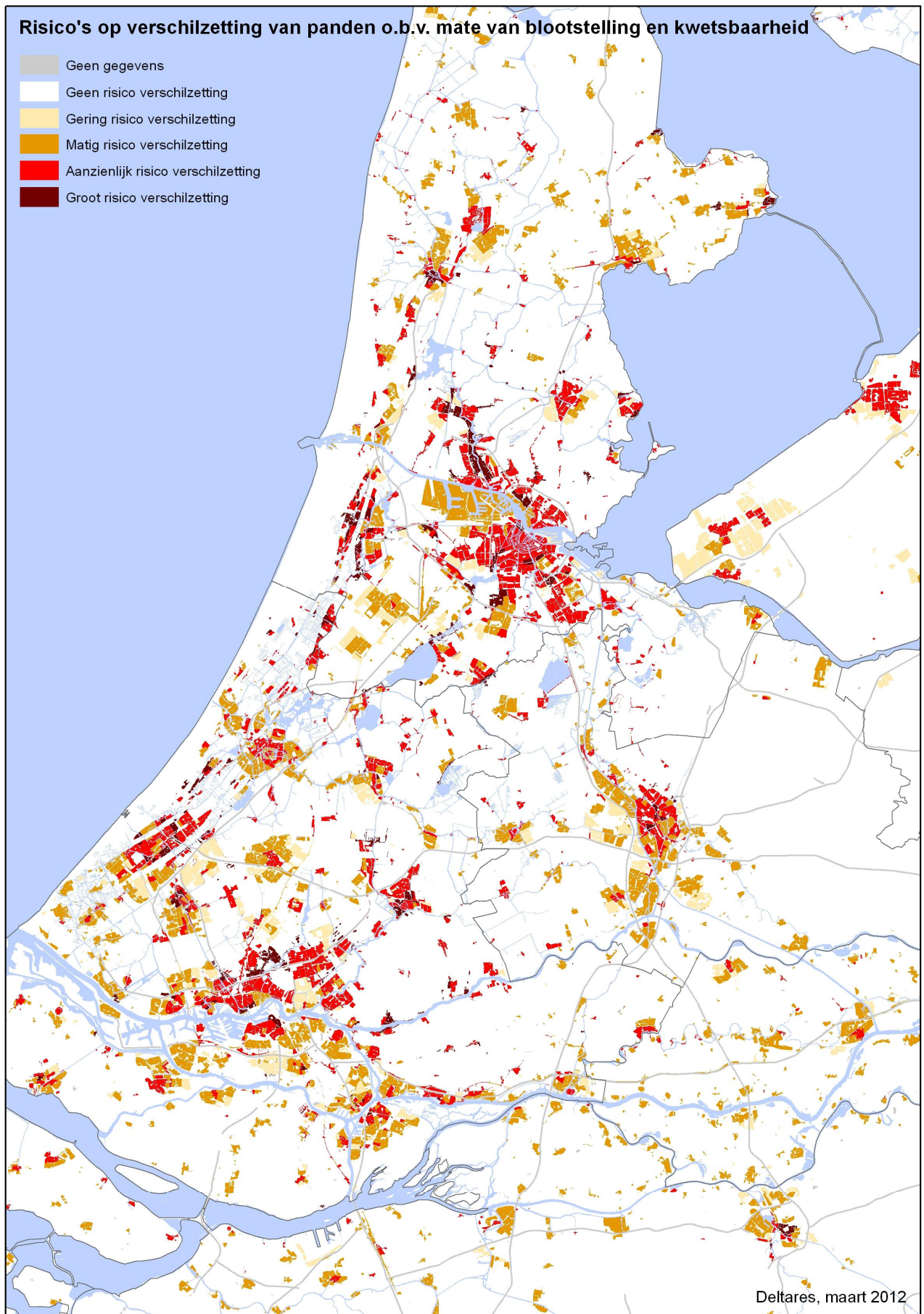
aanzienlijke blootstelling aan maaiveldaling en verschilzetting. De gebieden waarin paalrot kan optreden (zie Figuur 4.2) vallen hierbinnen.

In totaal voldoen circa 727.000 panden aan de criteria. Figuur 4.4 en Figuur 4.5 geven voor de Randstad weer in welke buurten van het stedelijk gebied deze panden *voornamelijk* staan. In Figuur 4.4 gaat dit om de buurten met een 'aanzienlijk' en 'groot risico' op verschilzetting, en in Figuur 4.5 om de buurten met 'grote risico's' op paalrot.

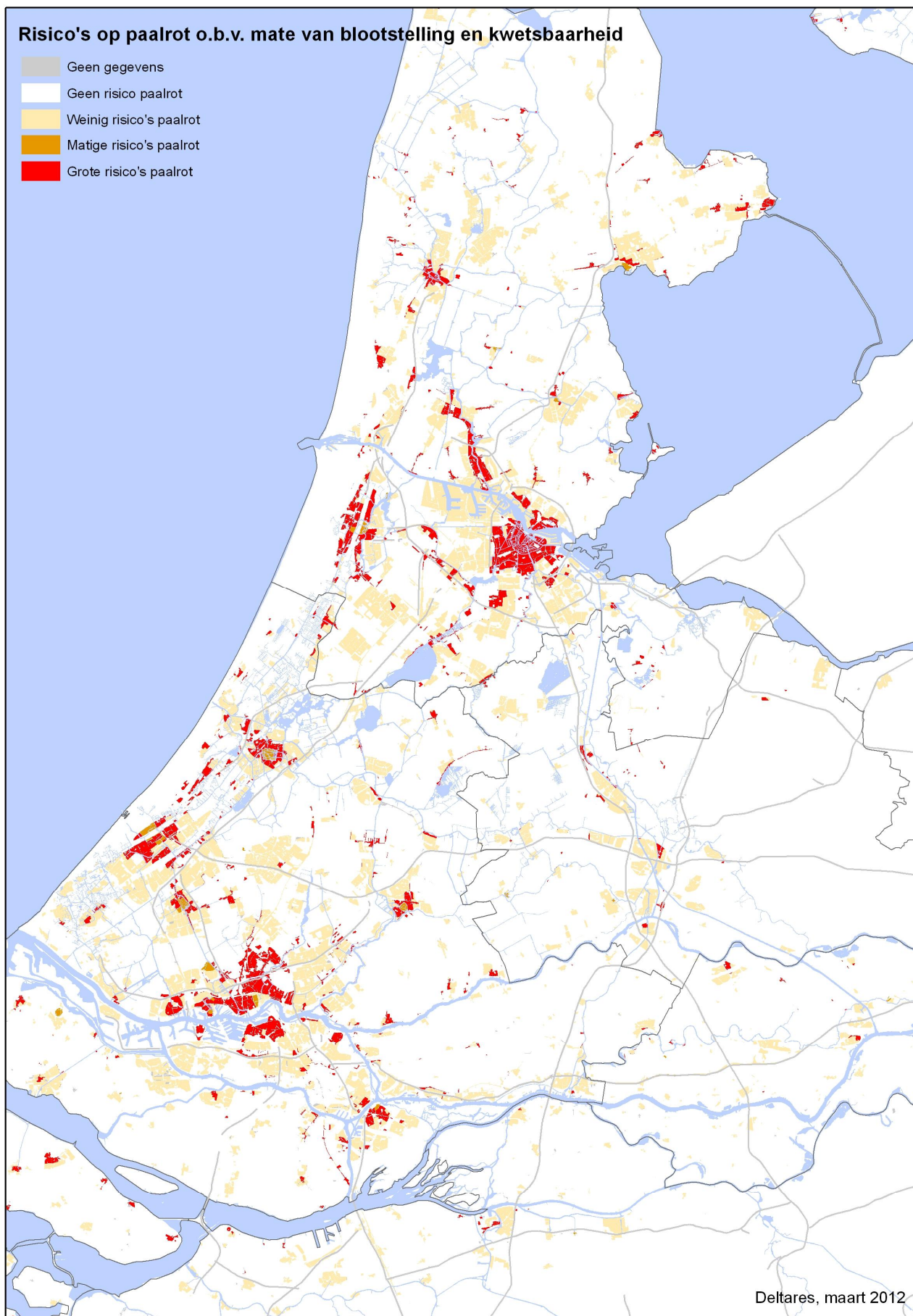
Figuren 4.4 en 4.5 zijn het resultaat van een combinatie tussen de gemiddelde kwetsbaarheid van panden in een buurt en de blootstelling van een buurt aan maaiveldaling/verschilzetting en paalrot. Daartoe is de mate van blootstelling die in meer dan de helft van een buurt plaatsvindt, kenmerkend gesteld voor de mate van blootstelling in die buurt. Bijlage B beschrijft hoe de classificatie van de kwetsbaarheid van buurten is gemaakt en bevat versies van de kaarten voor geheel Nederland (Figuur 0.12 tot en met Figuur 0.15).

De kaarten geven alleen weer waar zwaartepunten van risico's kunnen worden verwacht. De risicoclassificatie van buurten is niet gebruikt bij het bepalen van het exacte aantal risicopanden (de circa 727.000). Dat aantal is nauwkeuriger bepaald, door te kijken naar het bouwjaar van elk individueel pand in gebieden met een hoge blootstelling.





Figuur 4.4 Buurten waarop risico's van verschilzetting van panden in meer of mindere mate optreden



Figuur 4.5 Buurten waarin risico's van paalrot in meer of mindere mate optreden.

Van Amsterdam is bekend dat ook vóór 1890 al veel houten paalfunderingen zijn toegepast. Het aantal panden in Amsterdam gebouwd vóór 1890 bedraagt circa 16.000. Mogelijk is dit in andere steden ook op grote schaal het geval, maar verondersteld wordt (in lijn met de redenering opgezet door Luijendijk, 2006) dat veel oude binnensteden juist op relatief hoge en droge plaatsen zijn gesticht en daardoor minder gevoelig zijn voor grondwateronderlast. Amsterdam wordt daarom beschouwd als een belangrijke uitzondering die de regel bevestigt. Het totale aantal panden dat te maken kan krijgen met paalrot komt daarmee op grofweg 750.000 panden.

Dit is beduidend meer dan het door Luijendijk (2006) genoemde aantal. Dit verschil wordt toegeschreven aan het feit dat Luijendijk, en ook de andere bronnen, expliciet naar woningen kijken, terwijl in de onderhavige telling geen onderscheid wordt gemaakt naar gebruiksfunctie. De functie van een pand is immers niet bepalend voor de kwetsbaarheid voor grondwateronderlast. Daarnaast geeft het door Luijendijk toegepaste onderscheid boven- onder de zeespiegel een onderschatting; met name in kleigebieden met antropogene ophooglagen liggen veel stedelijke gebieden iets boven NAP.

### Conclusie

- Minimaal 100.000 woningen ondervinden in ieder geval grondwateronderlast (bron KPMG-Grontmij 2001).
- Grofweg 750.000 panden liggen in een gebied waarin blootstelling kan plaatsvinden aan de effecten van grondwateronderlast, en zijn gebouwd in de periode waarin houten palen werden gebruikt (bron: analyse onderhavige studie).
- De herstelkosten (= schadebedrag) per pand bedragen gemiddeld 54.000 Euro (peiljaar 2006, Luijendijk 2006).

Als de aantallen panden worden vermenigvuldigd met het gemiddeld schadebedrag, blijkt dat momenteel reeds voor meer dan 5 miljard Euro schade is ontstaan. Het in theorie maximaal bereikbare schadebedrag bedraagt circa 40 miljard Euro. Dit schadebedrag omvat alle typen funderingsschade door grondwateronderlast, niet alleen paalrot.

Omdat de post van 5 miljard betrekking heeft op de actuele schade is het realistisch om te stellen dat deze schade vóór 2050 gevoeld gaat worden. De genoemde schade van 40 miljard Euro wordt beschouwd als een absolute bovengrens. Het is echter niet waarschijnlijk dat de bovengrens volledig zal worden behaald, doordat plaatselijk preventieve actie zal worden ondernomen of omdat ter plaatse van kwetsbare panden blootstelling aan grondwateronderlast door lokale omstandigheden uitblijft.

Bij de berekening zijn verder de volgende *kanttekeningen* te maken:

- Funderingsschade beïnvloedt de levensduur van panden, maar ook om andere redenen worden panden gesloopt. In de raming die hier is gemaakt, wordt aangenomen dat panden oud genoeg worden om schadeherstel rendabel te laten zijn. Maar in de praktijk zullen er panden en gehele huizenblokken worden gesloopt. De kosten voor funderingsherstel 'verdwijnen' dan in de totale kosten van de herstructurering.
- Sinds het rapport van KPMG-Grontmij (2001) zijn ruim 10 jaar verstreken; de actuele schade is sindsdien waarschijnlijk toegenomen.
- Vanaf 1925 werden in toenemende mate betonoplagers gebruikt. Hiervoor is in de telling niet gecorrigeerd, en dit levert dan ook een overschatting van het aantal risicopanden.

- Omgekeerd zullen er ook onder de op staal gefundeerde panden van vóór 1890 (buiten Amsterdam) schadegevallen kunnen optreden. Deze zijn niet meegerekend en dit levert dan weer een onderschatting.
- Er zijn ook na 1945 nog panden op houten palen gefundeerd. Deze zijn niet meegeteld, maar behoren wel tot de kwetsbare groep.
- Het schadebedrag van € 54.000,- per woning (prijsspeil 2006) wordt door veel betrokkenen als laag beoordeeld, maar de heldere onderbouwing doet ons besluiten dit bedrag aan te houden.
- Naast de schade aan reguliere panden treden er schades door grondwateronderlast op aan specifieke constructies, monumenten en ook aan onderheide infrastructuur zoals rioolleidingen. Voorbeelden zijn het torengebouw in Eindhoven en de grachtmuren in Utrecht. Met deze incidentele, maar grote schades is geen rekening gehouden.
- Er wordt geen onderscheid gemaakt tussen vermijdbare en onvermijdbare schade, c.q. schade door schuld. Het zal duidelijk zijn dat de kans op schade toeneemt naarmate minder onderhoud wordt gepleegd en wanneer onoordeelkundige verbouwingen hebben plaatsgevonden.
- In veel steden hebben (al dan niet plaatselijk) in het verleden reeds grondwaterstandverlagingen plaatsgevonden. (Delft, onttrekking DSM, Den Haag Utrechtsebaan, Rotterdam, aanleg metro). Bij deze verlagingen is – voor zover geen mitigerende maatregelen zijn genomen – al schade aangericht, waardoor bij herhaling van wateronderlast de schade lager kan uitvallen.
- Ook in de periode na 1945 zijn nog panden gefundeerd op staal in bodemdalingsgevoelige gebieden. Voorbeelden zijn na-oorlogse woningen in Zevenaar waar in droge zomers incidenteel schade optreedt, mede als gevolg van krimp door uitdrogende kleilagen. Daarnaast zijn er objecten met gemengde funderingen. Deze categorie heeft betrekking op – op staal of palen – gefundeerde buitenmuren van fabriekshallen, loodsen en garages met losse vloeren en van – in een later stadium – aangebouwde garages en schuren die afwijkend zijn gefundeerd van het hoofdobject. Wanneer het hoofdobject op staal is gefundeerd heeft het al een (groot) deel van zijn zakking ondergaan. Dergelijke objecten komen in heel het land voor. Bij aanbouwen gaat het in veel gevallen om (meestal cosmetische) scheurvorming. Bij ongefundeerde vloeren is de omvang van de schade sterk afhankelijk van het gebruik. Er zijn voorbeelden bekend van zettingsproblemen met dergelijke vloeren, waar bovendien kostbare infrastructuur zoals bijv. koelsystemen kan zijn geïnstalleerd. In beide gevallen is niet bekend om welke aantallen het gaat, maar vermoed wordt dat de hiermee gemoeid zijnde totaalschades verwaarloosbaar zijn vergeleken bij de gepresenteerde schadegetallen.
- Op basis van projecthistorie van de unit Geo Engineering van Deltares zijn de volgende schattingen gemaakt t.a.v. de funderingen in grote steden:  
Amsterdam: meeste panden < 1945 op houten palen  
Rotterdam: 6000 tot 8000 panden op houten palen; 500 tot 1500 panden op staal met risico op zettingschade  
Utrecht, delen van Breda, Nijmegen, Arnhem, Zwolle en Deventer: voornamelijk op staal  
Dordrecht, Haarlem, Zaanstad, Schiedam, Gouda: overwegend houten palen  
Delft, Leiden, Den Haag, Hoorn, Westland: 50% op staal, 50% op palen.
- In bijlage C wordt additionele methodologische informatie gegeven over bodemdaling en gebouwschade. Deze informatie kon niet direct worden verdisconteerd in de schadeberekeningen, maar is mogelijk bruikbaar voor vervolgstudies op dit onderwerp.

### 4.3.3 Zakkingsschade aan infrastructuur

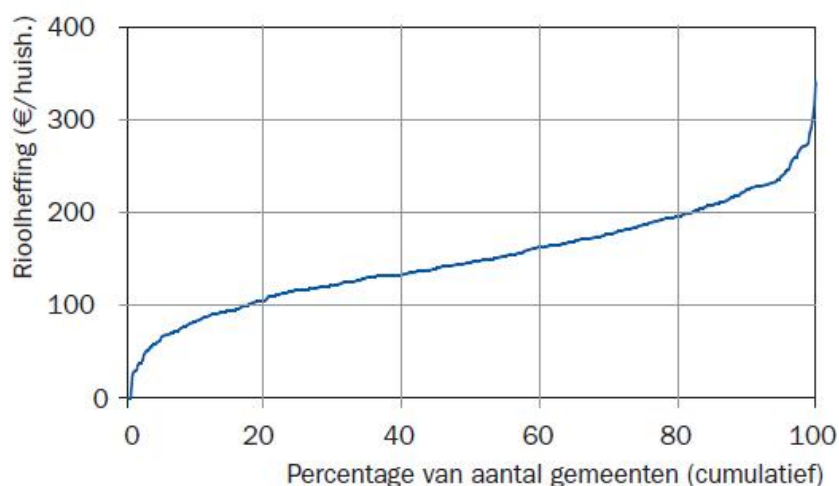
Er kan voornamelijk schade worden verwacht aan rioleringen en huisaansluitingen, wegen en spoorwegen en gasleidingen. Schades treden vooral op in gemeenten met een slappe bodem. Met name voor riolering en wegen zijn cijfers beschikbaar om een raming op te baseren.

#### *Gasaansluitingen*

Eneco heeft voor haar verzorgingsgebied € 18 miljoen uitgetrokken om de komende 5 jaar 75.000 huisaansluitingen te vervangen.

#### *Rioolheffing en -kosten*

De totale jaarlijkse uitgaven aan riolering in Nederland lagen in 2008 op € 1.191.000.000, waarvan € 1.163.000.000 uit de rioolheffing betaald werd (Stichting Rioned, januari 2009). Dit betekent dat er slechts 28 miljoen Euro uit de algemene middelen van de gemeenten gefinancierd werd.



Figuur 4.6 Spreiding rioolheffing voor eenpersoonshuishoudens in Nederland (bron: Stichting Rioned, november 2010)

Uit bovenstaande figuur blijkt dat de variatie in rioolheffing over Nederland gezien nog vrij groot is. Het is mogelijk dat nog een analyse uitgevoerd kan worden op de relatie tussen bodemgesteldheid en de hoogte van de rioolheffing, mits de basisgegevens beschikbaar zouden zijn en gekoppeld kunnen worden aan een GIS-bestand. Bij een dergelijke analyse moet tevens aandacht zijn voor de grootte van een gemeente en de bevolkingsdichtheid.

#### *Meerkosten voor wegen en riol bij slechte bodemgesteldheid*

In een rapport van Cebeon (14 november 2005) is bepaald hoe groot de uitgaven van een geselecteerde groep gemeenten is die op verschillende typen ondergrond liggen. Het verschil in de bodemgesteldheid wordt voor het gemeentefonds vertaald richting een zogenoemde bodemfactor. Bij een bodemfactor van 1 is sprake van een goede bodemgesteldheid, bij een bodemfactor van rond de 1,5 is sprake van een slechte bodemgesteldheid. In deze studie zijn 54 gemeenten ingedeeld in 3 categorieën op basis van hun bodemfactor. De categorieën zijn goed (bodemfactor is 1), matig slecht (bodemfactor rond de 1,18 tot 1,27) en zeer slecht (bodemfactor rond de 1,36 tot 1,53).

Tabel 4.1 Gemiddelde uitgaven per inwoner per jaar van de geselecteerde gemeenten in de 3 gebruikte categorieën (bron Cebeon).

type ondergrond	feitelijke bruto -uitgaven riolering	feitelijke netto uitgaven wegen en water
zeer slechte bodem	€ 73	€ 153
matig slechte bodem	€ 50	€ 129
goede bodem	€ 45	€ 109

Uit bovenstaande tabel blijkt dat de gemeenten op zeer slechte bodem hogere uitgaven voor riolering, wegen en water hebben.

Het ministerie van Binnenlandse zaken en koninkrijksrelaties publiceert ieder half jaar de (voorlopige) verdeling van het gemeentefonds<sup>6</sup>. Uit de tabellen is de bodemfactor van een gemeente en het aantal inwoners per gemeente te bepalen. Door de gemeenten op basis van hun bodemfactor in te delen in deze drie categorieën, kunnen de totale uitgaven aan *riolering* en *wegen* benaderd worden. De drie categorieën zijn hiervoor ingedeeld op basis van de onderstaande drempelwaardes voor de bodemfactor.

Tabel 4.2 Gehanteerde drempelwaarden van de bodemfactor voor indeling van gemeenten in 1 van de 3 categorieën

Categorie	Drempelwaarden voor bodemfactor
Goede bodem	< 1,1
Matig slechte bodem	1,1 tot 1,3
Zeer slechte bodem	> 1,3

Bij toepassing van deze categorieën op de gegevens van het gemeentefonds over 2010, volgens de verdeling van januari 2010, blijkt onderstaande verdeling van het aantal gemeenten over de categorieën.

Tabel 4.3 Aantallen gemeenten met goede tot zeer slechte bodem.

Categorie	Aantal gemeenten
Goede bodem	294
Matig slechte bodem	75
Zeer slechte bodem	62

Vermenigvuldiging van het aantal gemeenten in een categorie met de gemiddelde uitgaven per categorie en het aantal inwoners in de gemeenten, levert een benadering van de uitgaven aan wegen, water en riolering. In totaal wordt er € 1,97 miljard aan wegen en water en € 0,82 miljard aan riolering uitgegeven. Uit Riool In Cijfers blijkt echter dat de uitgaven aan riolering € 0,3 miljard hoger ligt dan dit bedrag.

Om te bepalen wat de invloed van de slechte bodem is, is ook een benadering gemaakt waarbij gekeken is naar de verschillen als alle gemeenten een goede bodem zouden hebben.

<sup>6</sup> Website Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, <http://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/gemeenten/documenten-en-publicaties/rapporten/2011/07/28/verdeling-van-de-uitkeringen-uit-het-gemeentefonds.html>

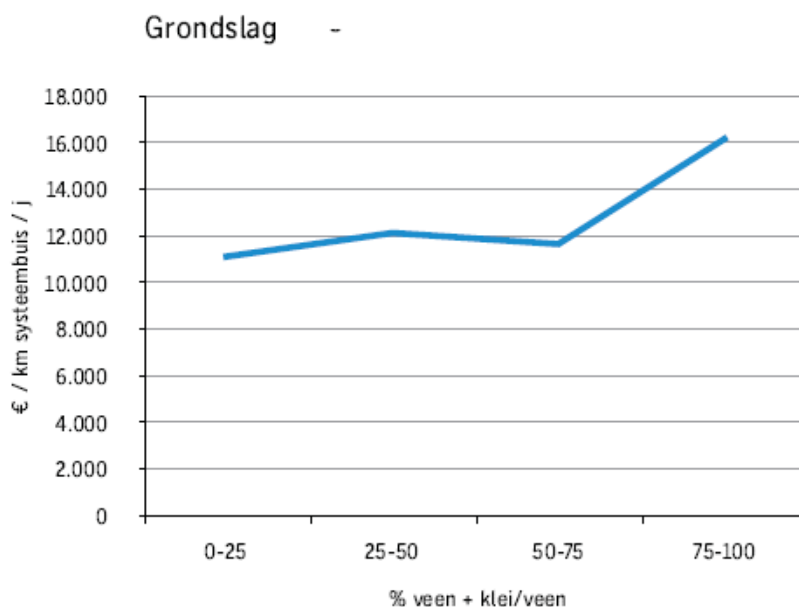
Dan zou er € 1,80 miljard aan wegen en water en € 0,74 miljard aan riolering uitgegeven worden. In navolgende tabel zijn de genoemde bedragen samengevat.

Tabel 4.4 Overzicht van de benaderde uitgaven aan wegen, water en riolering door gemeenten. Tevens is aangegeven hoeveel er vermoedelijk uitgegeven zou worden als ook de gemeenten op matig of zeer slechte grond een goede bodemgesteldheid zouden hebben.

	Wegen en water	Riolering
Bij indeling in klassen	€ 1,97 miljard	€ 0,82 miljard
Alles op ideale grond	€ 1,80 miljard	€ 0,74 miljard
Verschiil (extra kosten slechte grond):	€ 0,17 miljard	€ 0,08 miljard
Besparing bij ideale grond	9%	10%

Uit de rapportage Riolering In Beeld komt onderstaande grafiek waarin de kosten per kilometer systeembuis uitgezet is tegen het percentage veen en klei in een gemeente. Hieruit blijkt dat de kosten bij veel slechte grond aanzienlijk hoger liggen dan bij gemeenten met weinig slechte grond.

Tabel 4.5 Gemiddelde kosten per kilometer systeembuis uitgezet tegen het % veen en klei/veen in een gemeente (bron: Stichting Rioned, november 2010)



Als deze gegevens gecombineerd worden met de gegevens uit de verdeling van het gemeentefonds, blijkt dat er jaarlijks € 66 miljoen (7% van de totale rioleringsuitgaven) meer uitgegeven wordt aan riolering op slechte grond.

Ter vergelijking: in een studie voor het RIZA (augustus 2004) zijn de kosten van bouwen en wonen op een veenbodem vergeleken met de kosten in een kleigebied. Er is uitgegaan van een typische woonwijk van 3000 woningen op 150 hectare. De aanleg blijkt op een slappe veenbodem 31 miljoen duurder. Vervolgens is de gemeente voor het onderhoud aan vnl. infrastructuur over een periode van 15 jaar in totaal 50 miljoen euro duurder uit en de bewoners besteden in die periode 10 miljoen euro meer.

### Conclusie

Op landelijke schaal liggen de meerkosten voor gemeenten door slechte (slappe) grond in de orde grootte € 0,25 miljard euro per jaar (0,17 miljard voor wegen en water + 0,08 miljard voor riolering). Dit betekent ongeveer 10% meer uitgaven ten opzichte van een gemeente op goede grond. Deze extra kosten zijn niet automatisch toerekenbaar aan droogte, te lage grondwaterstanden (zie voor toelichting paragraaf 4.1.1).

De raming is naar verwachting zeker geen bovengrens. Op basis van expert judgement wordt met name de schade aan wegen eerder hoger dan lager in geschat.

#### *Artikel 12 gemeenten*

Er wordt regelmatig gesteld dat er gemeenten in Nederland zijn die door de hoge uitgaven als gevolg van slechte bodemgesteldheid onder de artikel-12-status vallen. Alleen voor de gemeenten Ouderkerk, Nieuwkoop en Boskoop zijn de hogere uitgaven aan wegen (en riolering) als gevolg van de slechte bodemgesteldheid oorzaken van de artikel-12-status.

- Boskoop (2000-2010): vooral hogere uitgaven op gebied van wegen, water en riolering
- Nieuwkoop (2004-2006): onvoldoende zicht op uitgaven in het verleden en achterstallig onderhoud aan wegen en water
- Ouderkerk (2008-2009 en een langere voorgeschiedenis): wegen door slechte bodemgesteldheid, incidentele kosten en zwakke financiële geschiedenis.

#### 4.3.4 Schade aan (woon)schepen en drijvende woningen door droogvallen van waterlopen

Geen informatie gevonden, en vermoedelijk ook niet te achterhalen. Omdat het naar verhouding om een gering aantal objecten gaat, en er meestal geen constructieve schade optreedt, wordt verwacht dat de schade qua orde grootte gering is t.o.v. overige schadeposten.

#### 4.3.5 Verstopping van drainagebuizen door droogvallen

Over de kosten van beheer van drainage is nog weinig bekend. Het doorspuiten van verstopte drainagebuizen kost één tot enkele Euro's per meter. In sommige Nederlandse gemeenten bedraagt de totale lengte aan stedelijke drainage honderden tot soms enkele duizenden kilometers. De totale lengte in Nederland is niet bekend. De in de praktijk toegepaste onderhoudsfrequentie is sterk variabel. Gemeenten met veel kilometers aan drainage passen vaak een onderhoudsfrequentie toe die mondeling is overgeleverd uit het verleden en niet technisch is onderbouwd. De kosten voor onderhoud van de drainagenetwerken zijn voor de betreffende gemeenten substantieel. Het is niet mogelijk om op korte termijn een onderbouwde relatie tussen droogte en onderhoudskosten af te leiden.

#### 4.3.6 Transportbeperking door oververhitting van elektriciteitskabels

Geen informatie gevonden, en vermoedelijk ook niet te achterhalen.



#### 4.4 Kwantificering schadeposten a.g.v. wateroverschot

##### 4.4.1 Schade aan panden met kelders op staal gefundeerd of op trekpalen, a.g.v. wijziging in opwaartse grondwaterwaterdruk

Voor dit schademechanisme zijn geen specifieke kostenkengetallen gevonden. De verwachting is dat deze ook niet kunnen worden achterhaald op korte termijn. Het is denkbaar dat de herstelkosten per pand in een vergelijkbare orde van grootte liggen als voor grondwateronderlast. Het aantal panden waar dit mechanisme aan de orde is, bedraagt naar schatting niet meer dan een fractie van het aantal gebouwen dat gevoelig is voor grondwateronderlast (één tot twee orden van grootte minder). Deze eerste schatting kan echter niet worden onderbouwd met cijfers.

##### 4.4.2 Spoorvorming, ongelijkmatige zakking, gaten en onvlakheid in wegen a.g.v. te geringe drooglegging of taludinstabiliteit

Deze kostenpost is enerzijds nauw gerelateerd aan de schadekosten voor wegbeheer in zettingsgevoelige gebieden. Er zijn echter ook gebieden met onvoldoende drooglegging waar geen zetting aan de orde is, bijvoorbeeld als gevolg van inadequaat bouwrijp maken of stopzetting van grondwateronttrekkingen. In het eerder geciteerde onderzoek van Luijendijk (2006) worden de kosten van de vervanging van bestrating in openbaar gebied nabij woningen met grondwateroverlast geraamd op EUR 1.400 per woning. Bij een aangenomen aantal van 150.000 woningen gevoelig voor grondwateroverlast (ontleend aan de eveneens reeds geciteerde KPMG/Grontmij studie) betekent dit een schadepost van 210 miljoen Euro. Vermeldenswaardig is nog dat er een zekere overlap bestaat met de kosten die gemeenten in zettingsgevoelige gebieden moeten maken om een voldoende drooglegging onder wegen in stand te houden. Niettemin geeft dit bedrag een indruk van de orde van grootte.

De hiervoor beschreven kosten hebben betrekking op bestaand stedelijk gebied. Wanneer wordt aangenomen dat op de langere termijn gemiddeld circa 3%-4% van de nieuwbouwwoningen (overeenkomstig het percentage grondwateroverlast bij bestaande woningen) grondwateroverlast zullen gaan ondervinden, nemen de kosten voor het oplossen van daaraan gerelateerde schade aan openbare *bestrating*, uitgaande van de door Luijendijk (2006) afgeleide kengetallen, jaarlijks met maximaal 4 miljoen Euro toe (circa 3000 nieuwbouwwoningen met grondwateroverlast per jaar maal 1400 Euro = 4,2 miljoen Euro). Hierbij is voor het totaal aantal nieuwbouwwoningen per jaar uitgegaan van het in 2000 door KPMG/Grontmij gehanteerde aantal van 90.000.

Omdat deze post betrekking heeft op de actuele schade, is het realistisch om te veronderstellen dat deze schade in zijn geheel vóór 2050 gevoeld gaat worden.

Er is geen informatie beschikbaar over de kosten van gaten in het wegdek door een te hoge grondwaterstand onder de weg, of door het opvriezen van wegen. Naar verwachting is de jaarlijkse schade aan wegen en fietspaden door deze mechanismen aanzienlijk.

##### 4.4.3 Schade aan houten vloeren, metsel- en stucwerk in gebouwen

Ten behoeve van de raming van schadekosten van grondwateroverlast is gebruik gemaakt van een tot in detail gespecificeerde herstelkostenraming (Luijendijk, 2006). Deze is gebaseerd op kengetallen uit de periode 2003-2006. Bij het opstellen van deze kostenraming

zijn de meest voorkomende (combinaties van) maatregelen meegenomen, gebaseerd op aanwezige kennis binnen Grontmij. Op basis van deze herstelkostenraming worden de totale kosten van maatregelen tegen grondwateroverlast geschat op 2,8 miljard euro. Hierbij is uitgegaan van 150.000 woningen gevoelig voor grondwateroverlast (ontleend aan KPMG-Grontmij 2001). Bij deze 2,8 miljard euro zijn echter ook inbegrepen de kosten voor maatregelen tegen natschade aan wegen (210 miljoen euro, zie paragraaf 4.4.2) en groen (1,2 miljard euro, zie paragraaf 3.3.4). De resterende maatregelen die zuiver op bebouwing betrekking hebben komen dan op 1,4 miljard euro. Deze post heeft betrekking op de actuele schade. Er kan daarom worden verondersteld dat deze schade in zijn geheel vóór 2050 zal zijn opgetreden.

De hierboven beschreven kosten hebben betrekking op bestaand stedelijk gebied. Door KPMG-Grontmij (2001) is aangegeven dat zonder wijziging in het beleid in nieuwbouwwijken in de komende jaren minimaal 3-4% van de woningen (overeenkomstig het percentage grondwateroverlast bij bestaande woningen) met grondwateroverlast te maken zal krijgen. Het gaat daarbij om ca. 3000 woningen per jaar. Uitgaande van de herstelkostenraming van Luijendijk (2006) nemen de kosten voor maatregelen tegen natschade aan nieuwbouw dan jaarlijks met circa 28 miljoen euro toe.

## **Conclusies**

- De totale kosten van maatregelen tegen natschade aan bebouwing in bestaande situaties, bedragen ongeveer 1,4 miljard Euro.
- De verwachting van de jaarlijkse toename van deze kosten door grondwateroverlast bij nieuwbouw bedraagt 28 miljoen Euro.
- Door de verwachte toename van toename van de neerslaghoeveelheden in de natte perioden van het jaar zou bij ongewijzigd beleid de omvang van het overlastprobleem toenemen; niet aan te geven is hoe groot die toename zal zijn.

#### 4.4.4 Schade aan gebouwen en roerende goederen door water op straat

Over dit onderwerp is recentelijk gerapporteerd door Deltares in 'Exploratory study of pluvial flood impacts in Dutch urban areas' (van Riel, 2011). Dit rapport maakt onderdeel uit van de resultaten van het onderzoek Climate Proof Cities in Kennis voor Klimaat. De studie richtte zich op vijf vragen:

- Welke actoren worden getroffen door water op straat?
- Hoe worden deze actoren getroffen?
- Welke effecten van water op straat kunnen worden onderscheiden?
- Welke gegevensbronnen zijn er om effecten te kwalificeren en kwantificeren?
- Hoe groot is de schade van water op straat?

Tabel 4.6 geeft een overzicht van schadeposten en kengetallen die door van Riel zijn gesignaleerd op basis van uitgebreid internationaal literatuuronderzoek, een actoren analyse en enquêtes onder getroffen bewoners in Gouda, Amsterdam en Rotterdam.

De gevonden schades betreffen alleen kentallen of geven een indruk van de schades per gebeurtenis. Deze schades kunnen nog niet worden geëxtrapoleerd naar een schade omvang voor geheel Nederland.

De voornaamste schadeposten die konden worden gekwantificeerd zijn inboedel- en gebouwschade bij woningen en bedrijfspanden

De overall beschikbaarheid van data over schades door water op straat is gering gebleken. Het probleem wordt waarschijnlijk niet als groot genoeg ervaren om data over schades te gaan registreren. Er is geen incentive. Een uitzondering hierop zijn verzekeringsmaatschappijen. Zie registreren wel schades, maar maken daarbij helaas geen onderscheid tussen schades door lekkages en schades door water dat bij veel neerslag vanaf de buitenruimte panden binnenkomt.

Een conclusie uit de studie van van Riel is dat de huidige praktijk van het stedelijk waterbeheer vooral is gericht op het verbeteren van de drainage en bergingscapaciteit van rioolsystemen, wat erg kostbaar is. Een andere, en soms ook goedkopere mogelijkheid om schades te voorkomen is het verminderen van de kwetsbaarheid. Bijvoorbeeld door het vergroten van de redundantie van verkeerswegen, bestendigen van bouwwerken (een drempel of stoep is vaak al voldoende), verhogen van kwetsbare utiliteiten (elektriciteitskasten e.d.) en het aanpassen van bouwvoorschriften.

Tabel 4.6 Kosten van water op straat (bron: van Riel, 2011)

Schadecategorie	Omvang schade	Opmerkingen
Schade aan woningen, tuinen en bezittingen	1 tot meer dan 5000 Euro per woning  Gemiddelde inboedelschade 817 Euro Gemiddelde gebouwschade 1.229 Euro	Gebaseerd op 12 enquête respondenten Bron: Spekkers et al. (2011)  Er is nog geen relatie geconstateerd tussen neerslagintensiteit en de omvang van schades
Schade aan bedrijfsgebouwen	2.000 tot 30.000 Euro per pand	Bron: Ten Veldhuis (2010)
Schade aan bezittingen en inventaris van bedrijven	Onvoldoende informatie	
Schade aan metrolijn	0,9 tot 2,8 miljoen Euro per traject per gebeurtenis	Gebaseerd op schadekentallen uit Boston (Compton, 2002).
Schade aan voorname objecten (scholen, ziekenhuizen, stroomvoorziening e.d.)	Onvoldoende informatie	Fysieke schade kan laag zijn, maar maatschappelijke ontwrichting kan aanzienlijk zijn
Verkeersopstoppingen	Vertraging schade van 15 Euro per uur per motorvoertuig	Door veelheid van wegen (redundantie) is er in binnensteden een lagere kwetsbaarheid
Schade arbeidsproductiviteit	Geringe schade	Door de korte duur van de overlast kunnen werknemers vaak snel weer aan het werk en verloren tijd inhalen
Uitval van publieke voorzieningen	Onvoldoende informatie	Deze schade kan aanzienlijk zijn
Gezondheidsschade	Kans op ziekte door contact met overlast veroorzakend water is circa 11% Kosten doktersbezoek: 25 Euro	
Kosten hulpdiensten	Onvoldoende informatie	
Uitval elektriciteit	Onvoldoende informatie	Uitval van elektriciteit wordt als meest hinderlijk potentieel effect genoemd, maar is door respondenten van enquête niet ervaren

## 4.5 Effect van klimaatverandering

De in de voorgaande paragrafen beschreven schades hebben vrijwel allemaal betrekking op de huidige situatie. Het zijn schades die nu al zijn opgetreden, of die op basis van ervaringen met het huidige klimaat en fysieke systeem worden verwacht. Klimaatverandering en sociaal economische ontwikkelingen zullen zeker invloed hebben op toekomstige schades, maar er is nog te weinig informatie, er zijn teveel onzekerheden, om nu een zinnige kwantitatieve analyse uit te voeren naar de verschillen in schadeomvang onder de vier Deltascenario's.

### *Grondwateronderlast*

Voor funderingschade door grondwateronderlast is het wel mogelijk om een bovengrens te definiëren voor de mogelijke gevolgen van klimaatverandering. Daartoe is bepaald hoeveel van de 750.000 panden (zie paragraaf 4.3.2) die last kunnen krijgen van grondwateronderlast, ook nog eens liggen in een gebied met wegzijging<sup>7</sup>. De redenering hierbij is dat in kwelgebieden de grondwaterstand in het algemeen minder uitzakt, waardoor zo'n gebied minder gevoelig is voor droogte. In kwelgebieden zijn veelal andere oorzaken aan te wijzen voor grondwateronderlast. Circa 450.000 panden liggen in een gebied met wegzijging.

Droge klimaatomstandigheden zullen dus naar verwachting van invloed zijn op de ontwikkeling van schade aan zo'n 450.000 panden. Uitgaande van een gemiddeld schadebedrag (reparatiekosten) per pand van 54.000 euro (zie paragraaf 4.3.2), heeft een droger klimaat dus invloed op ontwikkeling van een schadebedrag ter grootte van circa 25 miljard euro.

Deze aan droogte toerekenbare schade zal geleidelijk en verdeeld over de komende decennia optreden, maar waarschijnlijk niet in zijn geheel, doordat plaatselijk preventieve actie wordt ondernomen of omdat ter plaatse van kwetsbare panden blootstelling aan grondwateronderlast door lokale omstandigheden uitblijft. De meeste schade zal optreden in extreem droge jaren.

### *Maaiveldddaling*

De invloed van droge klimaatomstandigheden op aan maaiveldddaling gerelateerde schades is te bepalen door de berekende extra bodemdaling als gevolg van het W+ scenario te vergelijken met de autonome bodemdaling tot 2050. In de gemeenten met een slappe bodem is deze extra bodemdaling tot 2050 circa 60% groter dan de autonome bodemdaling.

Als de meerkosten voor slechte grond lineair zouden toenemen met de bodemdaling, zou dit ook een toename van 60% van de meerkosten voor weg- en rioleringsbeheer betekenen ter waarde van 150 miljoen in 2050. In de praktijk is echter te verwachten dat extra kosten door klimaatverandering (deels) kunnen worden meegenomen in de bestaande, reguliere onderhoudscycli. De extra kosten als gevolg van klimaatverandering zullen dan ook naar verwachting een orde van grootte lager kunnen liggen en worden, met de nodige voorzichtigheid, geschat op enkele tientallen miljoenen per jaar in 2050. Deze kostentoeename zal zich geleidelijk voltrekken over de komende circa 40 jaar. Als deze toename vanaf nu lineair in de tijd verloopt, zal deze in de orde van grootte van 1 miljoen Euro per jaar liggen. Dus elk jaar liggen de meerkosten 1 miljoen Euro hoger.

---

7. *Gedefinieerd als gebieden met gemiddeld tenminste 0,1 mm/d wegzijging (=infiltratie), volgens berekeningen met het NHI, versie 2.2*

## 4.6 Kostendragers

De kosten zijn zeker niet evenredig verdeeld over Nederland. De meeste schademechanismen treden op in laaggelegen gebieden met een slappe ondergrond. Dus zullen de grootste kosten ook in die gebieden toeslaan.

### *Zakking van het maaiveld*

De kosten van het ophogen van het maaiveld zijn voor rekening van de grondbezitter, dus de openbare terreinen zullen op kosten van de gemeente opgehoogd moeten worden en de tuinen, opritten en terrassen door de huizenbezitter.

### *Ongelijkmatige zakking en scheurvorming in bebouwing a.g.v. grondwateronderlast*

Grondwateronderlast is een juridisch lastig probleem, maar kort gezegd is de woningeigenaar degene die het risico van een slechte staat van de woning draagt. Tenzij de woningeigenaar kan aantonen dat zijn schade verwijtbaar het gevolg van het handelen van andere partijen is, zal deze met de schade blijven zitten. Deze schadepost heeft ook gevolgen voor de hypotheekverstrekker, aangezien het onderpand van de hypotheek duidelijk minder waard wordt bij funderingsschade.

### *Ongelijkmatige zakking en scheurvorming in stedelijke infrastructuur a.g.v. grondwateronderlast*

De stedelijke infrastructuur (wegen en riolering) is van de gemeente en zij zal dan ook de kosten hiervoor moeten dragen. Aangezien in Nederland erkend wordt dat de bodemgesteldheid een kostenverhogende factor is, krijgen de gemeenten met slechte grond (op moment van dit schrijven) een grotere bijdrage uit het gemeentefonds, waardoor er een lichte mate van solidariteit tussen gemeenten plaatsvindt.

### *Schade aan (woon)schepen en drijvende woningen door droogvallen van waterlopen*

Het risico van droogval ligt primair bij de eigenaar van het woonschip.

### *Verstopping van drainagebuizen door grotere grondwaterfluctuaties*

De kostendrager is de eigenaar van de drainagebuizen. Op openbaar terrein is dat de gemeente en op particulier terrein de grondeigenaar.

### *Transportbeperking door oververhitting van elektriciteitskabels*

De elektriciteitskabels zijn allemaal eigendom van de netbeheerder, ook op particulier terrein.

### *Schade aan panden met kelders op staal gefundeerd of op trekpalen, a.g.v. wijziging in de opwaartse waterdruk onder de fundering*

De kostenverdeling voor deze schade is vergelijkbaar met die van grondwateronderlast. De woningeigenaar zal de kosten moeten betalen, tenzij een andere partij aansprakelijk gesteld kan worden.

### *Spoorvorming, ongelijkmatige zakking, gaten en onvlakheid in wegen a.g.v. te geringe drooglegging of taludinstabiliteit*

Deze kosten liggen ook bij de wegbeheerder, dus meestal bij de gemeente.

### *Schade aan houten vloeren, metsel- en stucwerk in gebouwen*

Deze schade, ontstaan door structurele vochtproblemen, zal door de eigenaar van de woning gedragen moeten worden, tenzij een andere partij aansprakelijk gesteld kan worden.

*Schade aan gebouwen en roerende goederen door water op straat*

Deze schade ligt ook bij de eigenaar van de gebouwen en roerende goederen. Mits het hier niet over een overstroming gaat, kan er mogelijk een deel van de schade verhaald worden bij de inboedelverzekeraar.

**4.7 Referenties**

Arcadis (2000), *Extra kosten slappe bodem. Eindrapportage*. Gemeente Gouda. Rapport nr. 110401/WAO/3H8/000287, Definitief concept

Bijnagte, J.L., Boeijs, R.P. & Luger, H.J. (2009) *Toelaatbaarheid 50 mm relatieve peilverlaging*. Deltares, rapport 1001060-001

Carree, J.G. & Hulsbergen, J.G. (1984) *A method for estimating building damage in subsiding areas*. Proceedings of the Third International Symposium on Land Subsidence, Venice, Italy, 19-25 March 1984; IAHS Publication no. 151

CBS (2006), *Bodemgebruik in Nederland*. <http://statline.cbs.nl>. (bezoekt op 14-02-2006)

Cebeon, *Nadere verfijning maatstaven slappe bodem in gemeentefonds*. Eindrapport 571001 – 014

Cebeon (14 november 2005). Meerkosten gemeenten met een slechte bodemgesteldheid, nadere verfijning maatstaven slappe bodem in gemeentefonds

CIW (2004), *Samen leven met grondwater*. Commissie Integraal Waterbeheer, Den Haag

Corti et al (2009), *Simulating past droughts and associated building damages in France*. Copernicus

Compton, K., Ermolieva, T., Linnerooth-Bayer, J.C. (2002), *Integrated flood risk management for urban infrastructure: Managing the flood risk to Vienna's heavy rail mass rapid transit system, Proceedings of the Second Annual International IASA-DPRI meeting: Integrated disaster risk management: Megacity vulnerability and resilience, International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg*

Cusell, H. (2000), *Evaluatie gebiedsgerichte aanpak grondwaterproblematiek* (concept), Dienst waterbeheer en riolering, Hilversum

Deltares (KZN-infra 2009): Baarse G, Buma J, Koelewijn A, Meerten H van, Stoutjesdijk T, Velzen E., van, *Voorstudie Klimaatbestendige Zoetwatervoorziening Nederland. Invloed van tijdelijke peilveranderingen op infrastructuur*. Deltares rapport 0911-0082, Utrecht

Gelderlander, <http://www.gelderlander.nl/voorpagina/nijmegen/9836354/Laag-water-woonboten-op-droge-veer-uit-de-vaart.ece>

Habiforum (2004), *Denken over de toekomst van wijken*. Rijswijk: Quantas

Iwaco (1999) *Grondwater in en om de stad*, Rotterdam/Amsterdam

Jeugdjournaal, <http://jeugdjournaal.nl/item/298771-woonboten-op-het-droge.html>

Klaassen, (2008), *Some specific Dutch wood end use problems and chances*; COST E53, Delft, Netherlands

KPMG-Grontmij (2001), *Grondwateroverlast in het stedelijk gebied. Een bestuurlijk-juridische en technische analyse als basis voor een structurele aanpak van een al jaren spelend vraagstuk*

Luijendijk, E. (2006), *Als een paal boven water*. Afstudeeronderzoek RUG / Grontmij / Sterk Consulting. Document nr. 13/99066894/EL, versie D1

Mulder, E.F.J. de et al. (2003), *De ondergrond van Nederland*, Geologie van Nederland dl. 7, Nederlandse Organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek TNO

NRC Handelsblad, <http://vorige.nrc.nl/binnenland/article1592236.ece>

Riel, van (2011), *Exploratory study of pluvial flood impacts in Dutch urban areas*, Deltares, reference 1202270-008-BGS-0002

RIZA, 20 augustus 2004, *Onderbouwd bouwen in het veen*. Ministerie van Verkeer en Waterstaat (VenW) J. Fiselier, P. Sistermans, M. Nijenhuis, DHV Ruimte en mobiliteit

Spekkers, M.H., Ten Veldhuis, J.A.E., Kok, M., Clemens, F.H.L.R. (2011), *Analysis of pluvial flood damage based on data from Insurance companies in the Netherlands*, proceedings of: Urban Flood Risk Management symposium, Austria

Stichting Rioned (januari 2000), *Riool in Cijfers 2009/2010*

Stichting Rioned (november 2010), *Riolering in beeld*. Benchmark rioleringszorg 2010

Swiss Re (2011), *The hidden risks of climate change – An increase in property damage from soil subsidence in Europe*

Tauw B.V. (1998), *Duurzaam stedelijk waterbeheer en grondwateroverlast in Zuid-Holland*, Deventer

Ten Veldhuis, J.A.E. (2010), *Quantitative risk analysis of urban flooding in lowland areas*, PhD Thesis, Delft University of Technology, Delft

Ven, G.P. van de (red.) (2004), *Man-made lowlands*. Utrecht: Uitgeverij Matrijs

Ven, F.H.M. van de, et. al. (2010), *Building the Netherlands Climate Proof*, Deltares

Viergever, M.A. (1995), *Selectie gidsobjecten Hoorn*. Rapport CO-324870/12, DG Rijkswaterstaat, Grondmechanica Delft, Technisch tekenburo Maurits, Oranjewoud.



## 5 Volksgezondheid

### 5.1 Overzicht schademechanismen

#### 5.1.1 Gevolgen volksgezondheid door verminderde waterkwaliteit

Een verminderde waterkwaliteit kan leiden tot een vermindering van de volksgezondheid door een toename van het aantal zieken. Dit kan bijvoorbeeld gebeuren bij het zich voordoen van blauwalgen en botulisme. Sommige soorten blauwalg kunnen giftige stoffen (cyanotoxines) produceren en verspreiden waardoor zwemmers en dieren ziek kunnen worden (Burger en Van der Vat, 2007). Dit kan op de volgende manieren gebeuren:

- Directe blootstelling door lichaamscontact (zoals oren, mond, keel en huid)
- Opname door het inslikken van water
- Opname door het inademen van de giftige stoffen.

Een afweging is in hoeverre dit effect relevant is binnen stedelijke gebieden, aangezien de meeste recreatiewateren buiten steden liggen.

#### 5.1.2 Gezondheidschade door vochtoverlast in woningen en gebouwen.

Vochtoverlast in ruimten waarin mensen regelmatig verblijven heeft een negatief effect op de volksgezondheid. Zo is het aantal COPD klachten (voorheen CARA-klachten genoemd) in vochtige woningen met 50 % verhoogd en is het aantal klachten bij kinderen zelfs 3,5 keer hoger.

#### 5.1.3 Hittestress

Het temperatuurverschil tussen stad en platteland kan op warme dagen oplopen tot wel 10 graden Celsius. De gevolgen van de mondiale opwarming van het klimaat zijn voor sommige effecten in stedelijke gebieden dan ook vaak groter. Tijdens de Europese hittegolf van 2003 was in Frankrijk de mortaliteit in stedelijk gebied hoger dan op het platteland (Hallegatte et al, 2008). Hoge temperaturen kunnen op verschillende manieren leiden tot mortaliteit (WHO, 2009). Dit kan zowel direct als indirect door bijvoorbeeld een snellere verspreiding van bacteriën en infectieziekten.

In strikte zin wordt gesproken van hittestress wanneer grote hitte een factor wordt die de fysiologie van het menselijk lichaam beïnvloedt. De temperatuurverhoging van het lichaam kan zich uiten in warmteziekten en sterfte of via discomfort. Discomfort door hittestress kan invloed hebben op:

- arbeidsproductiviteit (Daanen et al., 2010);
- het menselijk gedrag (bijvoorbeeld via agressiviteit);
- de slaapkwaliteit (Döpp et al, 2011);
- het optreden van bedrijfsongevallen (Daanen et al., 2010).

Bij het effect van hitte op de gezondheid kunnen ook interacties met luchtkwaliteit en micro-organismen (actiever bij hoge temperaturen) een rol spelen.

Het is niet alleen de temperatuur die bepalend is voor de gevolgen van hitte voor de mens, ook andere aspecten als zonnestraling, wind en luchtvochtigheid bepalen de mate waarin warmte (en koude) als belastend wordt ervaren.

De aanwezigheid van water voor verdamping is een belangrijke factor in het al dan niet ontstaan van extreem hoge temperaturen. Het feit dat in stedelijke gebieden een 'stedelijk hitte eiland effect' optreedt kan deels worden geweten aan het grote aandeel verhard oppervlak waaruit geen verdamping optreedt.

## 5.2 Visies op het bepalen van schade

### 5.2.1 Gevolgen volksgezondheid door verminderde waterkwaliteit

De kosten of schade door extra zieken als gevolg van een slechtere zwemwaterkwaliteit kan gekwantificeerd worden door het extra aantal zieken (lees: ziekte-dagen) ten gevolge van een verminderde waterkwaliteit te voorspellen.

### 5.2.2 Hittestress

Schade via hittestress veroorzaakt door droogte kan in principe geraamd worden in een drietraps berekening:

- Bepaal het aandeel van droogte in het ontstaan van hoge temperaturen in de stedelijke omgeving.
- Bepaal in fysieke eenheden de schade aan menselijke gezondheid (mortaliteit, ziekenhuisopname en verlies aan arbeidsproductiviteit, dit lijken de belangrijkste posten) voor verschillende klimaatscenario's in een referentiejaar.
- Bereken via standaard waarderingsmethoden de schade in monetaire eenheden.

Voor het bepalen van het aandeel van droogte in het ontstaan van hoge temperaturen is het mogelijk in de bestaande micro- en meso-meteorologische modellen de factor evapotranspiratie uit te zetten, en te bepalen welk effect dit op de gemiddelde temperatuur heeft. Door dit in een aantal situaties en in een aantal verschillende modellen te herhalen is het mogelijk om een ruwe benadering te geven van het relatieve belang van evapotranspiratie en daarmee van droogte. Om een enigszins betrouwbare inschatting te verkrijgen zijn een aantal (tijd vergende) simulaties nodig. In het huidige onderzoek is deze stap niet gedaan en is de totale schade door hittestress bepaald.

Hiertoe zijn de relaties tussen opwarming en gevolgen voor de menselijke gezondheid en menselijke functioneren vastgesteld. Deze relaties kunnen, vanwege de beschikbaarheid van statistisch materiaal, vooralsnog alleen op nationaal niveau worden vastgesteld. De hiernavolgende berekeningen betreffen dus geheel Nederland en zijn niet gespecificeerd voor alleen het stedelijk gebied.

De gevonden relaties zijn toegepast op de uitkomsten van de KNMI'06 scenario's. Deze scenario's geven veranderingen in klimatologische omstandigheden rond 2050 (periode 2036-2065) ten opzichte van 1990 (periode 1975-2005). Voor de eenvoud en inzichtelijkheid van de resultaten is afgezien van het ook toevoegen van scenariogegevens over bevolkings- en economische ontwikkeling. De resultaten laten dus de schade zien die zou optreden door verschillende maten van klimaatverandering in 2050, op de bevolking en economie van Nederland in 2010. Terwijl veel buitenlandse studies (Hübler en Klepper, 2007, Metronomica

2006a en b) de extra kosten berekenen van het vaker optreden van hittegolven, is in deze studie het effect van temperatuurstijging over het gehele jaar geraamd.

Voor het in geld uitdrukken van de geraamde schades zijn monetaire waarderingen gebruikt die hieronder worden toegelicht. Zoals met iedere monetaire waardering, en in het bijzonder die van ziekte en sterfte, zijn deze onderwerp van discussie. Het resultaat geeft daarmee een eerste benadering van de monetaire schade door temperatuurstijging vanwege klimaatverandering.

Uiteraard waren ook alternatieve benaderingen mogelijk. Schades kunnen ook geraamd worden via preventiekosten, zoals de extra kosten van koeling. Ook hierbij zijn conceptuele problemen groot (koeling tot welke temperatuur, welke gebouwen wel en welke niet, etc.).

### 5.3 Kwantificering schadeposten

#### 5.3.1 Gevolgen volksgezondheid door verminderde waterkwaliteit

De kosten of schade door extra zieken als gevolg van een slechtere zwemwaterkwaliteit kan gekwantificeerd worden door het extra aantal zieken (lees: ziekte-dagen) ten gevolge van een verminderde waterkwaliteit te voorspellen (zoals gedaan in Burger en Van der Vat, 2007). In de huidige situatie wordt het aantal ziektegevallen als gevolg van een slechte waterkwaliteit geschat op ongeveer 80 incidenten per jaar in Nederland. Dit effect kan vervolgens gemonetariseerd worden op basis van de kosten van een doktersbezoek en de gemiste arbeidsproductie. Hierbij gaan we uit van een gemiddelde gemiste arbeidsproductiviteit van 5 dagen. Deze bedragen worden geschat op respectievelijk 25 Euro (Huisartsenkliniek, 2005) en 330 Euro. Dit laatste getal is gebaseerd op een gemiddeld persoonlijk inkomen van 17.500 Euro in 2003 volgens het CBS Statline (2005). Het aantal dagen gemiste arbeidsproductiviteit is een voorzichtige schatting, aangezien sommige klachten zeer lang aan kunnen houden, zoals bijv. de ziekte van Weil.

In de batenverkenning van (Burger en Van der Vat, 2007) wordt gekeken naar de gezondheidseffecten voor Nederland. Onderzoek van Brouwer en Bronda (2005) laat zien dat (in 2002) van de 4,5 miljoen potentiële zwemmers in open binnenwater 10% gezondheidsklachten overhield. De gemiddelde schade werd geschat op 50 Euro per persoon. Dit bedrag is gebaseerd op de overweging dat een gedeelte van de getroffenene geen kosten heeft, anderen een arts of apotheek bezoeken en in sommige gevallen sprake zal zijn van ziekteverzuim. De totale kostenpost per jaar is dan gelijk aan circa 22 miljoen Euro. Het percentage hiervan dat veroorzaakt wordt door blauwalg kan niet bepaald worden.

Zoals al eerder aangegeven is het de vraag hoe groot de schadepost in stedelijk gebied is omdat de meeste oppervlaktewateren of open binnenwateren waarin wordt gezwommen zich niet in stedelijke gebieden bevinden. Anderzijds zou je mogen verwachten dat daar juist de meeste problemen ontstaan en niet op de gecontroleerde zwemwaterlocaties.

#### 5.3.2 Gezondheidsschade door vochtoverlast in woningen en gebouwen

De directe en indirecte financiële gevolgen van deze gezondheidsschade zijn nooit gekwantificeerd en kunnen binnen deze studie door een gebrek aan informatie ook niet worden geraamd. Maar met 160.000 – 250.000 huizen met vochtoverlast, zal die schade beslist relevant zijn.

### 5.3.3 Uit de literatuur beschikbare schadecijfers en –kentallen voor hittestress

Rapportages waarin de schade door hittestress in monetaire eenheden wordt uitgedrukt, zijn schaars. Waarschijnlijk als een van de eersten heeft Tol (2002) de sterfte door cardiovasculaire problemen samenhangend met hitte geraamd voor werelddelen, gebaseerd op wat oudere gegevens. De uitkomsten zijn vermenigvuldigd met de waarde van een verloren leven (door hem gesteld op 200 maal het per capita inkomen). De berekeningen geven een tentatieve globale schatting van de schadekosten van klimaatverandering. In de geaggregeerde uitkomsten is de hitte gerelateerde mortaliteit niet apart opgenomen. Jorgenson et al. (2004) gebruiken eenzelfde macro benadering voor de VS maar rekenen de effecten ook door in een economisch evenwichtsmodel. Ze concluderen dat de bijdrage van hittegerelateerde mortaliteit en morbiditeit aan het totale economisch effect van klimaatverandering in de VS belangrijk is (rond de 6-9% bijdrage aan het effect in 2100 bij een “warm” klimaatscenario).

Hübler en Klepper (2007) ramen de macro-economische schade door hittegolven voor Duitsland tot 2100. Hierbij worden alleen ziekenhuisopnames en verminderde arbeidsproductiviteit gekwantificeerd. De kosten van ziekenhuisopnames zijn gebaseerd op een modellering van het aantal extra hittedagen, data over extra ziekenhuisopnames gedurende de hittegolf van 2003 in London en de gemiddelde kosten van een ziekenhuisopname in Duitsland. De kosten van verlies aan arbeidsproductiviteit zijn berekend op grond van een geschat verlies van productiviteit van 3-12% bij temperaturen tussen 26 en 36°C, dit verlies is direct toegepast op het totale inkomen uit arbeid, zonder gaan uit van terugkoppelingen. De arbeidsproductiviteitsverlies berekeningen leiden tot een verlies door toekomstige hittegolven van 0.03 tot 2,8% van het huidige BBP op jaarbasis. Er bestaan grote verschillen in de schatting van arbeidsproductiviteitsverliezen. Een vergelijkbare studie waarin de schade van mortaliteit en morbiditeit geraamd is, is beschikbaar voor het Verenigd Koninkrijk (Metronomica, 2006a en 2006b).

### 5.3.4 Verantwoording berekeningen schade door hittestress voor Nederland

#### *Mortaliteit*

Op grond van een gecombineerde analyse van meteorologische gegevens (bron KNMI) en statistieken over sterfte in Nederland (bron CBS) over de periode 1-1-1991 tot 31-12-2009 is vastgesteld dat bij etmaaltemperaturen boven de 16 graden er ongeveer 5,71 mensen per °C/dag extra sterven. Onder de 16 graden is dit 4,06 mensen per °C/dag. Bij hele lage temperaturen gaan relatief minder mensen dood en bij hoge temperaturen juist relatief meer. Voor de berekening van de kosten van extra sterfte onder verschillende klimaatscenario's is daarom gebruik gemaakt van een op deze gegevens gefitte curve met de volgende formule:

$$S = 377 + (0,81 - 0,0511 * T - 0,00389 * T^2 + 0,00000964 * T^4) * 38,73$$

Waarbij S= sterfte per dag, T de etmaaltemperatuur. 377 is de gemiddelde sterfte en 38,73 is de standaardafwijking (Daanen en Brode, in prep.).

Voor de etmaaltemperatuur per dag onder verschillende klimaatscenario's is gebruik gemaakt van het transformatieprogramma van het KNMI om data te genereren voor impact studies<sup>8</sup>. De hieruit resulterende gemiddelde etmaaltemperaturen voor de periode 2036-2065 zijn gebruikt om per dag de extra sterfte in verband met koude en warmte te berekenen.

Voor hittegolven is geconstateerd dat de meeste sterfte optreedt in de leeftijdscategorieën boven de 75 jaar (Kovats and Hajat, 2008). Uit de statistieken blijkt geen daling van de sterfte in de eerste drie maanden na een hittegolf, zodat mag worden aangenomen dat er sprake is van extra sterfte. Een aanname is nodig voor het aantal jaren dat deze sterfte optreedt voor het natuurlijke overlijden. Voor de berekening is arbitrair één jaar aangenomen. Stel dat het gemiddeld twee jaar zou zijn, dan zou de monetair schade verdubbelen.

In de berekeningen is waarde van een verminderd levensjaar is gesteld op 18.000 Euro (aansluitend bij de studie van Metronomica, 2006b, die daarmee richtlijnen uit het Verenigd Koninkrijk volgt). Dit is lager dan wat gewoonlijk wordt gehanteerd in Europese studies naar de kosten van luchtverontreiniging, waarin voor de "value of a life year" 40.000-52.000 Euro aangenomen wordt voor alle leeftijdsgroepen (Bron: EC4MACS and NEEDS study for DG research). Verandering van de gebruikte aanname zou een meer dan verdubbeling van de monetair schade betekenen.

#### *Ziekenhuisopnames*

Parsons et al. (2011) hebben voor het Verenigd Koninkrijk aangetoond dat voor iedere °C temperatuurstijging boven de 18°C de ziekenhuisopname stijgt met 0,36% en voor iedere °C daling van de etmaaltemperatuur onder de 18°C er een daling is met 0,64%. We nemen aan dat we deze verhoudingen ook voor Nederland kunnen gebruiken.

Uit verschillende studies over de toename van ziekenhuisopnames tijdens hittegolven blijkt een grote bandbreedte (WHO, 2009).

In Nederland is het aantal hospitaalopnames per dag ongeveer 11.000 (2838 per 10.000 inwoners, bron CBS). De gemiddelde kosten van een ziekenhuisopname in 2010 waren 4975 Euro (Ernst and Young, 2011).

Deze gegevens zijn gecombineerd met de gemiddelde etmaaltemperaturen nu en onder de verschillende klimaatscenario's om per dag de kosten onder huidig en mogelijk toekomstig klimaat te berekenen. Het verschil levert de extra kosten van klimaatverandering op.

#### *Arbeidsproductiviteit*

In een overzichtsartikel van Seppänen (2004) blijkt dat productiviteit binnen gebouwen vermindert boven 25°C. De vermindering kan eenvoudig benaderd worden met een lineaire vermindering van productiviteit van 2% per graad boven deze grens, of in formule:

$$\text{productiviteitsvermindering (\%)} = 2 * \text{temp} - 50$$

Ook andere literatuur, bijv Hübler und Klepper (2007) gaat uit van een duidelijk arbeidsproductiviteitsverlies boven 25-26°C.

In de berekeningen is aangenomen dat hoge buitentemperaturen ook leiden tot even hoge binnentemperaturen. Productiviteitsverlies treedt niet of nauwelijks op bij lage temperaturen, omdat de Nederlandse bedrijfsgebouwen verwarmd worden. Alleen de bouw en transport

<sup>8</sup> [http://climexp.knmi.nl/Scenarios\\_monthly/transtoelichting.cgi](http://climexp.knmi.nl/Scenarios_monthly/transtoelichting.cgi)

sector (ieder goed voor ca 2.8% van het BBP) hebben te maken met productiviteitsverlies in vorstperiodes.

De bruto toegevoegde waarde uit productie in basisprijzen (het BBP) bedroeg in Nederland in 2010 525.921 miljoen Euro. Echter, niet alle productie sectoren worden beïnvloedt door vermindering van de productiviteit van werkenden door hitte. Indien we sectoren uitsluiten waarin machines grotendeels het werktempo en de toegevoegde waarde per tijdseenheid bepalen (landbouw, bosbouw, visserij, delfstoffenwinning, industrie (maar niet textiel, kleding, meubel en reparatie van machines), energievoorziening, waterbedrijven, afvalverwerking, vervoer (maar niet post en koeriers)), dan houden we een toegevoegde waarde over van 442.893 miljoen Euro. Dit is 84% van het totaal, wat nog eens illustreert hoezeer Nederland een handels- en diensteneconomie heeft.

De gemiddelde etmaaltemperatuur zoals die uit de KNMI scenario's berekend kan worden is niet bruikbaar voor een berekening van de vermindering van arbeidsproductiviteit, omdat deze laatste gekoppeld is aan de gewerkte periode overdag. Met behulp van de gemiddelde dagelijkse gang van de temperatuur per maand (gemiddeld over de periode 1995-2010) is de afwijking van het etmaal gemiddelde voor ieder uur berekend. We nemen aan dat de gemiddelde dagelijkse gang van de temperatuur niet wordt beïnvloed door klimaatverandering. Met behulp van de gevonden afwijkingen per uur zijn de getransformeerde etmaaltemperaturen per dag uit de KNMI scenario's nog een slag verder getransformeerd tot uurgemiddelden.

Met de aanname dat het bovengenoemde BBP in 1800 uur per jaar wordt verdiend, is per dag per uur over ieder uur in de periode 8:00-18:00 de toegevoegde waarde berekend voor de huidige situatie en de klimaatscenario's. Het verschil is een eerste benadering van het productiviteitsverlies door klimaatverandering (althans dat deel dat samenhangt met vermindering van menselijke productiviteit door hitte).

Omdat met gemiddelde etmaaltemperaturen is gerekend, levert dit een onderschatting op. In bepaalde jaren kunnen zomerse temperaturen hogere waarden bereiken dan het gemiddelde, met een overeenkomstig hoger verlies aan arbeidsproductiviteit.

### 5.3.5 Monetaire schade door hittestress

De hierboven beschreven schadeberekeningen resulteren in een eerste benadering van de jaarlijkse schade door stijging van temperatuur vanwege klimaatverandering, zoals die optreedt in circa 2050, onder de aanname dat de economische en demografische structuur van Nederland in 2050 gelijk is aan die in 2010. De hieronder genoemde getallen geven een *orde van grootte* aan, maar kunnen niet absolute zin gebruikt worden.

Zowel voor extra sterfte als voor ziekenhuisopnames blijkt dat de opwarming van het klimaat leidt tot een grotere vermindering van het aantal gevallen in de winter, dan er extra sterfte en ziekenhuisopnames plaatsvinden in de warmere zomers. Er is dus sprake van negatieve schade, ofwel winst door klimaatverandering. De monetaire winst is het grootst voor ziekenhuisopnames, waarbij de kostentoeename in de twee warmste zomermaanden voor ziekenhuisopnames relatief gering blijkt (zie Tabel 5.1). Voor de extra sterfte is het belang van de twee warmste zomermaanden relatief groter. Een warmer scenario betekent echter ook een grotere 'winst' voor de koude gerelateerde sterfte, maar dit mag natuurlijk niet worden opgevat als een argument om hittestress niet te bestrijden.

Verlies van arbeidsproductiviteit treedt volgens de gebruikte berekeningsmethodiek op in de W-scenarios (de W scenario's gaan uit van 2° temperatuurstijging wereldwijd in 2050 ten opzichte van 1990). Waar in het W scenario het nog gaat om enkele dagen, heeft het drogere en warmere W+ scenario een langere periode in juli en augustus met gemiddelde etmaaltemperaturen boven 21°C (met uitschieters tot 22,5°C); deze leiden tot uurtemperaturen overdag van enige graden boven de 25°C. De schade door arbeidsproductiviteitsverlies loopt dan snel op. Iedere 0.1°C boven 25°C levert een verlies op van 0,5 miljoen Euro per uur<sup>9</sup>.

De berekeningen zijn uitgevoerd voor temperatuurwaarden in De Bilt, en houden dus geen rekening met hogere piekwaarden vanwege het hitte-eiland effect in steden. Hierdoor worden extra sterfte en extra ziekenhuisopnames en arbeidsproductiviteitsverlies tijdens hitteperiodes in steden waarschijnlijk onderschat. De 'winst' in Tabel 5.1 voor mortaliteit en morbiditeit zou door dit effect lager uit kunnen vallen.

Tabel 5.1 Monetaire schade door hittestress (jaarlijks) omstreeks 2050

KNMIO6 scenario	G	G+	W	W+
	Miljoen Euro			
mortaliteit	-12	-16	-23	-25
<i>mortaliteit in juli en augustus</i>	1,3	2,7	3,7	8,7
morbiditeit (ziekenhuisopnames)	-103	-137	-193	-249
<i>morbiditeit in juli en augustus</i>	-5	-1	2	14
arbeidsproductiviteitsverlies	0	0	6	391

Zoals hierboven al aangegeven, deze resultaten betreffen een raming voor de temperatuurcomponent van klimaatverandering voor geheel Nederland. Een relatie met droogte en het hitte-eiland effect in steden kon op grond van de beschikbare gegevens niet worden gelegd.

#### 5.4 Kostendragers

##### *Verminderde waterkwaliteit en grondwateroverlast*

De schade voor de volksgezondheid ligt bij de zorgverzekeraars (en de overheid) voor zover het gaat om een toename in de vraag naar zorg als gevolg van de verminderde waterkwaliteit. Extra verzuim op het werk wordt gedragen door de werkgever die zich daar mogelijk (vrijwillig) voor verzekerd heeft. Bij echt langdurige gezondheidsklachten kan een werknemer in de Ziektewet terechtkomen en betaalt de overheid een deel van de kosten.

##### *Hittestress*

Verminderde arbeidsproductiviteit komt ten laste van de werkgever of de zelfstandige.

<sup>9</sup> Dit arbeidsproductiviteitsverlies is met de hierboven genoemde relatie, te berekenen als 0.2% van het door hitte beïnvloede deel van het BBP per uur, ofwel 0,2% [vermindering arbeidsproductiviteit per 0,1°C temperatuur stijging] \* 1/1800 [aantal werkzame uren per jaar] \* 442.893 miljoen Euro [beïnvloede BBP].

## 5.5 Referenties

Brouwer & Bronda (2005), *Cost-Benefit Analysis and Water resources Management*. Edward Elgar: Cheltenham

Burger D. en M. van der Vat (2007), *Batenstudie KRW-WB21 Vermeden effecten van blauwalgen*, WL Delft Hydraulics en IVM, Q4432.00

Daanen, H.A.M., Simons, R., Janssen, S. (2010), *De invloed van hitte-eilanden op gezondheid, toegespitst op de stad Rotterdam*. Report TNO-DV 2010 D-248

Daanen, H.A.M. and P. Bröde (in prep): Does climate related mortality depend on temperature only?

Döpp, S., Klok, L., Janssen, S., Jacobs, C., Heusinkveld, B., Kleerekoper, L., Lenzholzer, S., Brolsma, R., Blocken, B., Bosch, P., Heijden, M. van der, Daanen, H., Timmermans, H., Hensen, J., Broeke, H. ten, Klemm, W., Uittenbroek, C., (2011). *Kennismontage. Hitte en Klimaat in de Stad*, ClimateProofCities Consortium, Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Deltaprogramma Nieuwbouw en Herstructurering, TNO-060-UT-2011-01053

Ernst and Young (2011) Gemiddelde kosten per ziekenhuisopname zijn toegenomen tot € 4.975 ondanks korter verblijf. Nieuwsbericht.

[http://www.ey.com/NL/nl/Newsroom/News-releases/PR\\_Gemiddelde-kosten-per-ziekenhuisopname-zijn-toegenomen\\_050711](http://www.ey.com/NL/nl/Newsroom/News-releases/PR_Gemiddelde-kosten-per-ziekenhuisopname-zijn-toegenomen_050711) (accessed 23-2-2012)

Hallegate, Henriët & Corfee-Morlot (2008), *The economics of Climate Change Impacts and Policy Benefits at City Scale: A Conceptual Framework – OECD Environment Working Paper No 4*. OECD Publishing

Hübler, Michael en Gernot Klepper, (2007). *Kosten des Klimawandels, Die Wirkung steigender Temperaturen auf Gesundheit und Leistungsfähigkeit*. WWF Deutschland, Frankfurt

Jorgenson, Dale W., Richard J. Goettle, Brian H. Hurd, Joel B. Smith, Lauraine G. Chestnut, David M. Mills, (2004), *U.S. market consequences of global climate change*. Prepared for the Pew Center on Global Climate Change

Kovats, R. S. and S. Hajat. "Heat stress and public health: a critical review." *Annual Review of Public Health* 29 (2008): 41-55

Metroeconomica, (2006a). - *TASK 3 REPORT - Project E – Quantify the cost of future impacts*, Prepared for:DEFRA, Climate Change Impacts and Adaptation: Cross-RegionalResearch Programme. Metroeconomica Limited, UK

Metroeconomica, (2006b). - *TASK 2: Report on the costs of the hot summer of 2003*. Prepared for DEFRA, Climate Change Impacts and Adaptation: Cross-Regional Research Programme. Project E – Quantify the cost of impacts and adaptation. Metroeconomica Limited (UK)



Parsons N, Odumenya M, Edwards A, Lecky F, Pattison G, (2011) Modelling the effects of the weather on admissions to UK trauma units: A cross-sectional study. *Emerg Med J* 28:851-855. doi:10.1136/emj.2010.091058

Seppänen, O.,(2004) A procedure to estimate the Cost Effectiveness of Indoor Environment Improvements in Office Work, In: *Gesunde Raumluf, Schadstoffe in Innenräumen, Prevention and Sanierung*. Proceedings Int Kongress, 12-13 febr. 2004. IBO Verlag Wien

Tol, Richard S.J. , (2002). *Estimates of the Damage Costs of Climate Change. Part 1: Benchmark Estimates*. *Environmental and Resource Economics*; Jan 2002; 21, 1; ABI/INFORM Global

WHO, 2009. Improving public health responses to extreme weather/heat waves-EUROHEAT, Technical summary. B.Menne and F. Matthies (eds). WHO Regional office for Europe, Copenhagen



## 6 Additionele aandachtspunten voor schadeberekening

### 6.1 Consumenten- en producentensurplus

Dit onderzoek focust vooral op schade als gevolg van 'gebreken' in het oppervlaktewater- en grondwatersysteem in de stad. Daarnaast kan schade optreden als gevolg van tekorten in de levering van drinkwater of proceswater. Uit internationale literatuur blijkt dat dit een grote kostenpost kan zijn.

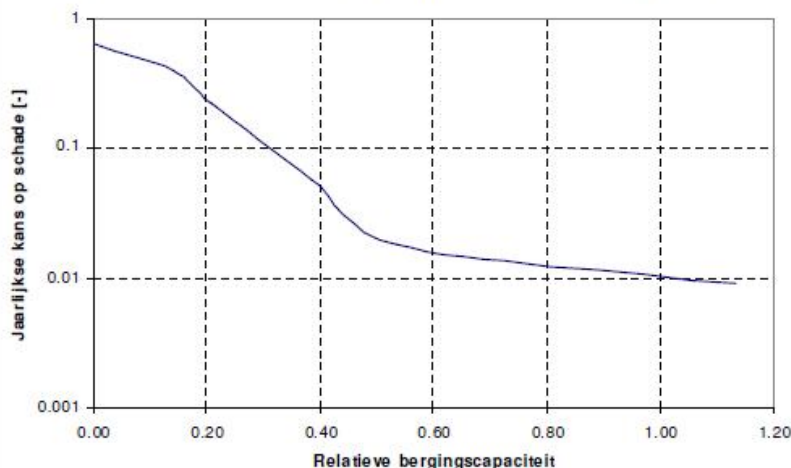
#### 6.1.1 Schademechanisme

Als door aanhoudende droogte de prijs van water stijgt, leidt dit tot een daling van het consumenten surplus (Moore et al, 2003). Het consumenten surplus kan worden omschreven als het verschil tussen de 'willingness to pay' van consumenten en de daadwerkelijke prijs van een product. Wanneer de hoeveelheid water afneemt en de prijs van water stijgt, vindt een verschuiving van inkomsten plaats van consumenten naar waterleveranciers. Een tekort aan water heeft niet alleen invloed op het consumenten surplus, maar ook op het producten surplus (winst) van bedrijven die water als grondstof gebruiken. Bij aanhoudende droogte of vergaande klimaatverandering kan dit uiteindelijk leiden tot veranderende regionale productiepatronen (Wilbanks et al, 2007). Hierbij zullen bedrijven die grote hoeveelheden water gebruiken zich bijvoorbeeld gaan verplaatsen naar gebieden die minder door droogten worden getroffen.

#### 6.1.2 Visies op het bepalen van schades

De Los Angeles (2006) heeft een model ontwikkeld dat kijkt naar de kosten die ontstaan wanneer het gebruik van water aan banden wordt gelegd waardoor consumenten en producenten op bepaalde tijden van water worden afgesloten, de prijzen van water sterk stijgen en de kwaliteit van water afneemt. Het lijkt niet realistisch te veronderstellen dat er in Nederland maatregelen zullen komen voor tijdelijke afsluitingen van water. Wel is het interessant te kijken naar de gevolgen van eventuele prijsstijgingen door een beperktere beschikbaarheid van water. In dit model is de schade berekend door te kijken naar de veranderingen in consumenten- en producentensurplus.

Witteveen & Bos (2006) berekenen de hoeveelheid schade door een eventueel tekort aan water door te kijken naar de kans op schade ten gevolge van watertekort (in dagen per jaar) en het aantal huishoudens en bedrijven dat hier last van heeft. Vervolgens wordt de schade per huishouden of bedrijf uitgedrukt in Euro's. De kans op watertekort wordt berekend aan de hand van de strategische watervoorraad. Onderstaande figuur weerspiegelt de relatie tussen de relatieve bergingscapaciteit en de jaarlijkse kans op schade.



De relatieve bergingscapaciteit kan veranderen doordat het waterareaal verandert maar ook doordat de waterkwaliteit dusdanig verandert dat het water onbruikbaar wordt. Door in deze grafiek op de x-as de bergingscapaciteit met en zonder droogte in te vullen, kan op de y-as de verandering in de kans op schade aflezen worden. De relatieve bergingscapaciteit in de referentiesituatie is gelijk gesteld aan 1. Een uitgangspunt hiervoor kan zijn dat we in de huidige situatie (zonder droogte) in staat zijn om aan het eens per 100 jaar watertekort te voldoen. Dit betekent dat de jaarlijkse kans op schade door watertekort voor de referentiesituatie gelijk aan 0,01 is. De relatieve bergingscapaciteit bij droogte kan gelijk worden gesteld aan de procentuele verandering die droogte in beschikbaarheid van water teweeg brengt. Vervolgens dient de verandering in de jaarlijkse kans op schade vermenigvuldigd te worden met het aantal huishoudens/bedrijven in het relevante gebied.

### 6.1.3 Beschikbare schadecijfers en –kengetallen

De schadecijfers uit het model van De Los Angeles (2006) zijn uitgedrukt als welvaartsverlies in Euro's per m<sup>3</sup> water. De schade is opgedeeld in welvaartsverlies door een verslechterde kwaliteit van het water en welvaartsverlies door tijdelijke afsluitingen van water. Zoals eerder gezegd lijkt het welvaartsverlies door tijdelijke afsluitingen van water niet direct relevant voor Nederland en daarom wordt vooral gekeken naar welvaartsverlies door een verslechterde kwaliteit van het water. Voor huishoudens is dit effect gelijk aan 9,18 Euro per m<sup>3</sup> water, voor de industrie / commerciële sector is dit verlies gelijk aan 0,61 Euro per m<sup>3</sup>.

	Huishoudens	Industrie
Welvaartsverlies door een verslechterde kwaliteit van het water	9,18	0,61
Welvaartsverlies door tijdelijke afsluitingen van water	5,49	2,29
<b>Totaal welvaartsverlies (€/m<sup>3</sup> water)</b>	<b>14,67</b>	<b>2,89</b>

Witteveen & Bos bekijkt in hun methode de verandering in relatieve bergingscapaciteit. Dit effect kan op twee wijzen gemonetariseerd worden:

- Op basis van de schade die huishoudens en bedrijven oplopen indien zij zonder water komen te zitten.
- Op basis van de extra drinkwaterzuiveringskosten per kuub water.

Uitgaande van de eerste methode kan worden gesteld dat huishoudens, indien de leveringsstoring hooguit enkele dagen duurt, alleen de circa 10 liter leidingwater (Milieuceentraal, 2005) die zij per dag nodig hebben om te drinken, voedsel te bereiden, handen te wassen vervangen door flessenwater. De extra kosten die dat met zich mee brengt bedragen circa EUR 698,52 per kuub (gebaseerd op EUR 1,48 per kuub voor kraanwater (Verswater, 2005)) – EUR 700 per kuub voor fleswater (Milieuceentraal, 2005)). Uitgaande van een gemiddelde van 2,28 personen per huishouden (CBS Statline, 2005) bedragen de kosten dan EUR 15,93 per dag per huishouden ( $10/1000 * 2,28 * 698,52$ ).

Een berekening op basis van extra drinkwaterzuiveringskosten is moeilijker. Hier kan geen algemeen kengetal voor worden gegeven.

Naast deze studies laten verschillende case studies ook het de effecten van droogte zien op de waterconsumptie van huishoudens (Dixon et al, 1996). Tijdens de droogte van 1991 in Santa Barbara, daalde de consumptie van water met 62% terwijl de tarieven stegen met bijna 90%. In Goleta daalde de consumptie van water daalde met circa 40%, terwijl watertarieven stegen met 45%.

## 6.2 Netto Contante Waarde

De gerapporteerde kostenposten hebben uiteenlopende bronnen en uitgangspunten. Om de verschillende kostenposten beter met elkaar te kunnen vergelijken is per post de netto contante waarde (NCW) berekend. Dit introduceert echter een extra type aanname, namelijk over de fasering van het optreden van schade. Met betrekking tot de fasering van schadekosten worden door geen van de gebruikte bronnen schattingen gedaan. De term "actuele schade" suggereert bijvoorbeeld dat dit schade is die momenteel optreedt en in principe ook per direct zou moeten worden hersteld. Het lijkt echter realistischer om er van uit te gaan dat deze schade verspreid over de nabije toekomst zal optreden. Vervolgens is de vraag wat onder "nabije toekomst" moet worden verstaan.

Daarnaast wordt een aantal prognoses gedaan voor de ontwikkeling van schades in de toekomst tot 2050. Hoewel het denkbaar is dat de betreffende ontwikkelingen ook na 2050 doorzetten, is voor de betreffende posten (schade aan wegen en riolering door extra bodemdaling, natschade als gevolg van slecht bouwrijp maken) de grens van 2050 aangehouden omdat het evenzeer denkbaar is dat als gevolg van veranderend beleid of voortschrijdende technologie de ontwikkelingen op lange termijn heel anders kunnen zijn.

Kortom, de extra aannamen over fasering zorgen voor een aanzienlijke toename van de onzekerheid van de schatting.

Als uitgangspunten in de berekening gelden:

- De netto contante waarde is berekend over 50 jaar.
- De discontovoet bedraagt 5,5%. Deze wordt door het CPB aangeraden bij het doorrekenen van MKBA's (2,5% risico vrije discontovoet + 3% risico opslag).

De resultaten van de berekening zijn in Tabel 6.1 weergegeven. Hierbij horen de volgende opmerkingen:

- 'niet bekend' betekent niet dat er geen sprake is van schade, maar dat een bestaande schade met de huidig beschikbare informatie niet geraamd kon worden.
- De met rood aangegeven posten zijn toerekenbaar aan de invloeden van droogte en / of klimaatverandering.
- Van de paars aangegeven posten is, zoals ook in de hoofdtekst aangegeven, een onderwerp van discussie in hoeverre deze schade toegerekend kan worden aan droogte of andere factoren zoals peilbeheer. In de tabel is uitgegaan van een maximale toerekenbaarheid.
- Het verschil tussen de hoge en de lage schatting voor de huidige situatie zit in zijn geheel in de uiteenlopende raming voor grondwateronderlast en de bijbehorende fasering.
- De totale schade die maximaal toerekenbaar is aan droogte en/of klimaatverandering bedraagt 9,4 miljard Euro. Hierbij is er vanuit gegaan dat de huidige schade door zakking van riolering en wegen volledig wordt toegerekend aan droogte.
- Tenslotte valt op dat bij ongewijzigd beleid het slecht bouw- en woonrijp maken van nieuwbouwlocaties tot een forse kostenpost in de toekomst zal leiden.

## **Conclusies**

- Schade door grondwateronderlast is ook over een lange periode bezien de grootste kostenpost. Dit is vooral een relevant gegeven voor herstructurering.
- Voor nieuwbouwlocaties geldt dat natschade als gevolg van slecht bouwrijp maken de grootste kostenpost is, veroorzaakt door wateroverschotten.

Schademechanisme/schadepost	Kostenraming	Gemiddeld	Fasering	NCW (over 50 jaar)
Verlaging woningwaarde door waterkwaliteit	100.000.000 tot 300.000.000	200.000.000	Enmalig, evenredig verdeeld over een periode van 11 jaar	€ 147,1 miljoen
Verlaging woningwaarde door waterkwaliteit, toerekenbaar aan droogte	20.000.000 tot 60.000.000	40.000.000	Enmalig, evenredig verdeeld over een periode van 11 jaar	€ 29,4 miljoen
Schade recreatie door afname kwaliteit stedelijk zwembwater	100.000 tot 300.000	200.000	Jaarlijks (NCW berekend over 100 jaar)	€ 3,4 miljoen
Schade recreatie door afname kwaliteit stedelijk zwembwater, toerekenbaar aan droogte	20.000 tot 60.000	40.000	Jaarlijks (NCW berekend over 100 jaar)	€ 0,7 miljoen
Droogteschade aan groen in tuinen	7.700.000	7.700.000	Jaarlijks (NCW berekend over 100 jaar)	€ 130,4 miljoen
Droogteschade aan groen in parken en door afsterven van vegetatie	niet bekend	niet bekend	niet bekend	Niet bekend
Schade aan bebouwing door grondwateronderlast (actueel / ondergrens)	5.000.000.000	5.000.000.000	Enmalig, evenredig verdeeld over 19 jaar (tot 2030)	€ 3,1 miljard
Schade aan bebouwing door grondwateronderlast (potentieel / bovengrens)	40.000.000.000	40.000.000.000	Enmalig, evenredig verdeeld tot 2100	€ 7,6 miljard
Schade aan bebouwing door grondwateronderlast (maximaal toerekenbaar aan klimaatverandering en droogte)	25.000.000.000	25.000.000.000	Enmalig, evenredig verdeeld tot 2100	€ 4,8 miljard
Ongeplukte zakking wegen en riolering (maximaal toerekenbaar aan klimaatverandering en droogte)	250.000.000	250.000.000	Jaarlijks (NCW berekend over 100 jaar)	€ 4,2 miljard
Ongeplukte zakking (weging en riolering), toename door extra bodemdaling	jaarlijks 1.000.000 (tot 2050)	niet bekend	0 Jaarlijks (NCW berekend over 100 jaar) + jaarlijkse groei van 1.000.000 tot 2050	€ 239,8 miljoen
Zakking maaltveld sportvelden	niet bekend	niet bekend	niet bekend	niet bekend
Zakking maaltveld openbaar groen	niet bekend	niet bekend	niet bekend	niet bekend
Zakking maaltveld particulier groen	niet bekend	niet bekend	niet bekend	niet bekend
Natschade aan groen in tuinen en parken	450.000.000 (2006)	1.200.000.000	Enmalig, evenredig verdeeld over 19 jaar (tot 2030)	€ 274,9 miljoen
Natschade aan groen in tuinen en parken, prognose toekomstige nieuwbouwoecaties (slecht bouwrijp maken)	jaarlijkse groei 9.000.000	niet bekend	jaarlijkse groei 9.000.000 tot 2050	€ 1,9 miljard
Natschade aan wegen	210.000.000 (2006)	210.000.000	Enmalig, evenredig verdeeld over 19 jaar (tot 2030)	€ 128,3 miljoen
Natschade aan wegen, prognose toekomstige nieuwbouwoecaties (slecht bouwrijp maken)	jaarlijkse groei 4.000.000	niet bekend	jaarlijkse groei 4.000.000 tot 2050	€ 870,7 miljoen
Natschade bebouwing	1.400.000.000 (2006)	1.400.000.000	Enmalig, evenredig verdeeld over 19 jaar (tot 2030)	€ 855,3 miljoen
Natschade bebouwing, prognose toekomstige nieuwbouwoecaties (slecht bouwrijp maken)	jaarlijkse groei 28.000.000	niet bekend	jaarlijkse groei 28.000.000 tot 2050	€ 6,1 miljard
<b>Totaalschade, huidige situatie (met actuele schade grondwateronderlast)</b>				<b>€ 8,8 miljard</b>
<b>Totaalschade, huidige situatie (met potentiële schade grondwateronderlast)</b>				<b>€ 13,4 miljard</b>
<b>Prognose toekomstige nieuwbouwoecaties (slecht bouwrijp maken)</b>				<b>€ 8,9 miljard</b>
<b>Totaal, (maximaal) toerekenbaar aan droogte en / of klimaatverandering</b>				<b>€ 9,4 miljard</b>

Tabel 6.1 Netto Contante Waarde van schades

## 6.3 Referenties

Moore et al (2003), *Assessment of the Economic Impacts of California's Drought on Urban Areas*. Santa Monica: Rand

Wilbanks et al (2007), *Industry, settlement and society – Climate change 2007: Impacts, Adaption and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press

De los Angeles (2006), *Analysing rationing policies: Drought and its effect on urban users' welfare (Analysing rationing policies during drought)*. Routledge.

Witteveen en Bos (2006), *MKBA in de regio – Kengetallen waardering natuur, water, bodem en landschap. Hulpmiddel bij MKBA's*. Rotterdam

Dixon, Moore & Pint (1996), *Drought Management Policies and economic Effects in Urban Areas of California 1987 – 1992*. Santa Monica: RAND



## 7 Maatregelen

Nu is bepaald welke schademechanismen relevant zijn en zoveel mogelijk kostenposten zijn gekwantificeerd, is de volgende stap het in stelling brengen van maatregelen waarmee deze mechanismen en schades kunnen worden bestreden.

De afgelopen jaren zijn binnen verschillende studies adaptatiemaatregelen voor klimaatverandering benoemd en veel van deze maatregelen zijn opgenomen in maatregelenoverzichten. Gezamenlijk geven deze een tamelijk volledig overzicht van alle mogelijke maatregelen, op verschillende schaalniveaus en voor verschillende functies.

Op basis van bestaande literatuur (Dirven-van Breemen et al., 2010, Van Geest et al., 2008, Ligtoet et al., 2010, Luyendijk et al., 2010, MWH 2011, Slabbers et al., 2010, Van de Ven et al., 2009, Van Harmelen et al., 2010, Van Nieuwkerk et al., 2010) gecombineerd met expertkennis is een lijst van adaptatiemaatregelen samengesteld die kunnen worden ingezet om de als relevant benoemde schademechanismen te verhelpen of voorkomen.

Bij het selecteren van maatregelen zijn de volgende regels in acht genomen:

- Het zijn fysieke maatregelen (dus geen zaken als 'nieuw beleid', of 'bijstellen normen').
- T.a.v. hittestress zijn alleen maatregelen geselecteerd die een relatie hebben met water.
- Maatregelen die alleen onder zeer specifieke omstandigheden toegepast worden, zijn niet opgenomen.

De lijst van maatregelen is opgenomen in bijlage D.

### Referenties

De volgende bronnen zijn gebruikt bij het samenstellen van de lijst van maatregelen:

Dirven-van Breemen, E.M., A. Hollander, J.W. Claessens (2010), *Klimaatverandering in het stedelijk gebied Groen en waterberging in relatie tot de bodem*, RIVM rapport 607050008/2011

Geest, van G., R. van Ek, H. Hakvoort, N. van Oostrom (2008), *Wisselwerking tussen maatregelen voor KRW, WB21 en VHR in het landelijk gebied*, voorstudie, Deltares-rapport, 2008-U-R-0860/A

Harmelen, van T., H. ten Broeke, L. Klok, S. Janssen, P. van Oppen E. Ruijgvoorn, G. Verhoeven, R. Broelsma, E. Koning (2010), *Maatregelen tegen het hitte-eilandeffect en hittestress in Rotterdam*, Kennis voor Klimaat

Ligtoet, W., R. Franken, N. Pieterse, O. van Gerwen, M. Vonk, L. van Bree, G.J. van den Born, J. Knoop, F. Kragt, E. Kunseler, J. van Minnen, L. Pols, M. Reudink, A. Ruijs, J. Tennekes (2011), *Een delta in beweging. Bouwstenen voor een klimaatbestendige ontwikkeling van Nederland*, ISBN: 978-90-78645-72-6, PBL-publicatienummer: 50019301

Luyendijk, E., M. Bootink, W. Visser, M. van Kruining, E. de Bruin, E. Tromp, N. Asselman (2010), *Overstromingsrobuust Inrichten*

MWH (2011), *Maatregelenoverzicht Klimaatadaptatie*, In opdracht van Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Directie FEZ

Nieuwkerk, van E, R. Trouwborst, S.J. Junier, E. Mostert, M.M. Rutten, J. Nederlof, M. Maarleveld, J. Geerse (2010), *Klimaatverandering en het Rotterdamse stedelijk watersysteem*: Verkennende studie en agenda voor vervolg, Kennis voor Klimaat, KvK rapportnummer KvK 020/2010

Slabbers, S., W. Klemm, A. Verburg (2010), *Klimaatadaptatie in de stad*, Bosch en Slabber Landschapsarchitecten

Ven, van de F., E. Luyendijk, M. de Gunst, E. Tromp, M. Schilt, L. Krol, B. Gersonius, C. Vlaming, L. Valkenburg, R. Peeters (2009), *Waterrobuust Bouwen; de kracht van kwetsbaarheid in een duurzaam ontwerp*. SBR Artikelnr 604.08 Beter Bouw- en Woonrijp Maken / SBR, Rotterdam, ISBN 978 90 5367 496 3

## 8 Conclusie

### 8.1 Samenvatting uitkomsten

De tabellen in paragraaf 8.4 geven een gedetailleerd overzicht van de schademechanismen die als relevant zijn beoordeeld en de daarvoor geraamde schadebedragen. De voornaamste uitkomsten zijn hieronder samengevat.

#### **Schadebedragen gelden voornamelijk voor huidige situatie**

De in dit project gevonden en geraamde schades hebben voornamelijk betrekking op de huidige situatie. Het zijn schades die nu al optreden of onder de huidige omstandigheden gaan optreden. Voor funderingschade en hittestress zijn ook toekomstige schades, na klimaatverandering, geraamd. Doel van de ramingen was voornamelijk het krijgen van een beeld van de ordegrootte van schades.

#### **Stedelijke waterkwaliteit, recreatie en groen**

De verlaging van woningwaarde door slechte waterkwaliteit heeft een ordegrootte van enkele honderden miljoenen euro's. Hiervan zijn enige tientallen miljoenen euro's toekenbaar aan droogte effecten.

De jaarlijkse schade aan recreatie door verminderde waterkwaliteit als gevolg van droogte bedraagt enkele tienduizenden euro's.

De totale gemeentelijke beheerkosten voor groen zijn momenteel 737 miljoen/jaar. Schade aan groen wordt vaak genoemd als voornaam effect van klimaatverandering. Er zal ook zeker schade gaan optreden onder een droger klimaat, maar er zijn nog geen kentallen beschikbaar die de vermoede grote omvang van deze schadepost voor het stedelijk gebied onderbouwen.

De totale kosten van vervanging van groen en het gelijktijdig treffen van maatregelen tegen hoge grondwaterstanden in bestaande situaties, bedragen circa 450 miljoen Euro.

#### **Gebouwen en stedelijke infrastructuur**

De kosten van maaiveld daling van openbaar en privaat terrein lopen sterk uiteen. Een betrouwbare landelijke schaderaming kan niet worden gemaakt.

De schade aan panden door maaiveld daling, verschilzetting en paalrot, gerelateerd aan grondwateronderlast, bedraagt momenteel al meer dan 5 miljard Euro. Het in theorie maximaal bereikbare schadeherstelbedrag bedraagt circa 40 miljard euro indien elk kwetsbaar geacht pand binnen gebieden met een hoge blootstelling aan schademechanismen wordt aangetast. Dit bedrag wordt beschouwd als een absolute bovengrens. Het is niet waarschijnlijk dat die grens wordt behaald doordat plaatselijk preventieve actie wordt ondernomen of omdat ter plaatse van kwetsbare panden blootstelling aan grondwateronderlast door lokale omstandigheden uitblijft. Maximaal 25 miljard (62,5%) van de 40 miljard is geprojecteerd in gebieden waarin droogte (een droger klimaat, waarin gedurende de zomer sprake is van een groter neerslagtekort) van relatief grote invloed kan zijn op het ontstaan van schade.

Gemeenten op slappe bodems geven momenteel in totaal 0,25 miljard Euro meer uit aan onderhoud van infrastructuur dan gemeenten op draagkrachtige bodems (10% meer). Dit verschil zal door klimaatverandering groter worden.

Het herstel van de huidige natschade aan bebouwing bedraagt circa 1,4 miljard Euro. Naar verwachting neemt deze schade jaarlijks met 28 miljoen Euro toe bij nieuwbouwgebieden.

Schade aan gebouwen en roerende goederen door hevige neerslag ('water op straat') kan per incident oplopen tot meer dan 5.000 Euro per woning en ligt tussen 2.000 en 30.000 Euro voor een bedrijfspand. Er is onvoldoende informatie om de schade door water op straat voor geheel Nederland te ramen.

### **Aantasting volksgezondheid en arbeidsproductiviteit door hitte**

In de warme maanden juli en augustus, omstreeks 2050, liggen de kosten van extra ziekenhuisopnames tussen -5 miljoen (G scenario, negatieve kosten = minder opnames = baten) en 14 miljoen (W+), en de kosten van sterfte tussen 1,3 miljoen (G) en 8,7 miljoen (W+). Op jaarbasis heeft een warmer klimaat een dempend effect op ziekenhuisopname en sterfte (minder zieken en doden in winterperiode dan nu). De schade door arbeidsproductiviteitsverlies varieert van 0 (G) tot 391 (W+) miljoen per jaar.

### **Particulieren en gemeenten zijn voornaamste kostendragers**

De partijen die als eerste geconfronteerd worden met schades zijn eigenaren van onroerend goed (particulieren, private sector) en gemeenten.

### **Klimaatverandering heeft zeker invloed op ontwikkeling van schades**

Klimaatverandering en sociaal economische ontwikkelingen zullen zeker invloed hebben op toekomstige schades. Voor de meeste in de tabellen van paragraaf 8.4 aangeduide mechanismen is de verwachting dat bij het uitblijven van maatregelen, toenemende schades kunnen worden verwacht.

Voorname kostenposten (grote schades) die onder warme, droge klimaatomstandigheden zullen optreden zijn in ieder geval:

- Funderingsschade aan bouwwerken door grondwateronderlast.
- Verlies van arbeidsproductiviteit door hitte.

Daarnaast wordt door experts gewezen op verwachte substantiële negatieve effecten voor:

- Schade aan terreinen en infrastructuur door maaiveldvaling en verschilzetting.
- Verdroging van groen.
- Toename van optreden (grond)wateroverlast.

Voor deze drie laatstgenoemde posten zijn echter nog onvoldoende kwantitatieve gegevens beschikbaar om de mate van toename ten gevolge van klimaatverandering te ramen.

Onder warme klimaatomstandigheden zal ook de afname van de waterkwaliteit beslist om meer aandacht gaan vragen. Voor de leefbaarheid van het stedelijk gebied is dit een belangrijk aspect.

Voor de steden in Laag-Nederland, op slappe bodems, zijn kwetsbaar voor de verhoogde watervraag en watertekorten die behoren bij de droge G+ en W+ klimaatscenario's.

### **Kansrijke maatregelen**

Er is een groot aantal maatregelen geïnterpreteerd die schades voorkomen of verminderen (zie bijlage D). Niet elke maatregel is echter even goed inzetbaar. Maatregelen die in ieder geval goed scoorden in een bijeenkomst van stakeholders, in het kader van het Deelprogramma Zoetwater zijn:

- Grondwaterpeilgestuurde drainage en infiltratie, in combinatie met dynamisch peilbeheer (zo zou er gedacht kunnen worden aan een door grondwater, of andere bronnen, gestuurd oppervlaktewaterpeil, in plaats van een door oppervlaktewaterbeheer gestuurd grondwaterpeil).
- Seizoensberging en waterbuffers aanleggen, op particulier en openbaar terrein.
- Minder verharding.
- Aanpassen funderingen.
- Kleinschalige berging en infiltratie (bijv. kratten en t.b.v. bomen).
- Profilering maaiveld voor tijdelijke berging wateroverschot.

Als bij investeringen in het stedelijk gebied in de komende decennia consequent rekening wordt gehouden met de eisen die het fysieke systeem en klimaatverandering stellen, kan klimaatadaptatie worden ingepast tegen zo gering mogelijk kosten. De mogelijkheden tot meekoppelen verschillen evenwel sterk tussen groei- en krimpgebieden/scenario's.

Centraal bij kansrijke maatregelen staat de verbetering van de samenhang tussen gebruiksfuncties, ondergrond en het oppervlaktewater. Beseft moet worden dat problemen niet volledig kunnen worden opgelost door water aan te voeren, en dat ingezet moet worden op efficiënter gebruik van water, vermindering van de kwetsbaarheid voor tekorten en aanwenden/creëren van alternatieve, interne bronnen binnen de stad ('2<sup>e</sup> laags watervoorziening').

## **8.2 Kennis- en informatiehiaten**

### **Er is over de gehele linie maar weinig informatie over kwetsbaarheden en schades**

Voor geen enkel als relevant aangemerkt schademechanisme bleken 'kant en klare' schaderamingen op een landelijk schaalniveau te bestaan. Waar mogelijk zijn ramingen gebaseerd op extrapolaties en combinaties van kentallen. Er resteren echter nog veel posten waarvoor onvoldoende informatie beschikbaar is (zie tabellen in paragraaf 8.4).

### **Effect van Deltascenario's voor stedelijk gebied is voor meeste thema's nog niet goed te kwantificeren**

Er is momenteel nog te weinig harde informatie over kwetsbaarheid en veranderingen in blootstelling, er zijn geen goede schademodelen, en er zijn daardoor teveel onzekerheden, om een zinnige kwantitatieve analyse uit te voeren op de verschillen in shadeomvang tussen de vier Deltascenario's. Dit geldt voor de meeste van de in dit rapport behandelde thema's die relevant zijn voor stedelijk gebied.

### **Wat is regulier beheer en onderhoud, en wat is schade?**

Voor veel schades aan de openbare ruimte en infrastructuur geldt dat deze nu zijn verdisconteerd in jaarlijkse beheer- en onderhoudskosten en daardoor niet expliciet zichtbaar zijn op de jaarrekening. In feite worden deze kosten dan niet meer als schades aangemerkt, temeer aangezien zij regelmatig worden gemaakt en men daarom gewend is geraakt aan de uitgaven. Hierin schuilt ook het ontbreken van kentallen voor verschillende posten, om ramingen op te kunnen baseren. In theorie zouden de kentallen voor deze posten te

achterhalen moeten zijn, het gaat immers om kosten die ook nu al worden gemaakt. Wat nodig is, is een nadere specificatie van de kosten, en een incentive om dit te gaan registreren.

### **Waterbalans van de stad is voornamelijk onbekend**

De omvang van de factoren in de waterbalans van het stedelijk gebied is een voornamelijk onbekend. Er is vooral weinig nauwkeurige informatie over de hoeveelheid water die via oppervlaktewater wordt aangevoerd en, wat belangrijk is, welk deel van de neerslag ten goede komt aan het aanvullen van het bodem-, grond- en oppervlaktewater.

Een oorzaak is de grote heterogeniteit van het fysieke systeem in steden waardoor waterbalansfactoren verschillen in omvang tussen en binnen steden. Er is sprake van een zeer grote variabiliteit. Er is echter ook een gebrek aan metingen. Dit maakt het modelleren van het stedelijk watersysteem een lastige opgave.

Door het gebrek aan inzicht in de waterbalans is het nog niet mogelijk om voor een gehele stad of verzameling van steden nauwkeurig te kwantificeren hoeveel de watertekorten oplopen bij droogte. In vervolg hierop is het ook nog niet mogelijk om het verloop van schademechanismen nauwkeurig te voorspellen.

Er zijn overigens wel studiegebieden waarin vorderingen worden gemaakt met nauwkeurige waterbalansmodellerings, gericht op het ramen van klimaateffecten in de stad. Voorbeelden hiervan zijn Delft en wijken in Rotterdam en Amsterdam.

### **(Kosten)effectiviteit van maatregelen onduidelijk**

Er is nog geen integraal inzicht in de (kosten)effectiviteit van veel van de aangedragen maatregelen. Het samenbrengen van de ervaringen met preventieve maatregelen zal dit inzicht kunnen verschaffen en is daarom beslist een zinvolle vorm van kennisuitwisseling.

### **Gebrek aan bewustzijn van verantwoordelijkheid en gebrek aan informatie bij eigenaren**

Veel huiseigenaren zijn zich niet bewust van hun verantwoordelijkheid voor de grondwaterhuishouding op hun eigen grond. Gericht voorlichting over kwetsbaarheid van panden en blootstelling aan grondwaterover- en onderlast maakt het hen mogelijk om deze verantwoordelijkheid te nemen, en bijvoorbeeld voorzorgsmaatregelen te nemen in tijden van droogte.

Ten aanzien van grondwaterstanden geldt dat deze in stedelijk gebied ruimtelijk sterk kunnen variëren. Om rechtstreeks een grondwaterstand aan een funderingsniveau te kunnen koppelen is minimaal voor elk bouwblok een peilbuis nodig, in gebieden met veel variatie in de ondergrond en infrastructuur zelfs bijna voor elk pand. Dit is alleen kosteneffectief in gebieden waar daadwerkelijk droogstand aan de orde is en waar dit met maatregelen kan worden bestreden. In de praktijk komt een dergelijke peilbuisdichtheid dan ook vrijwel niet voor. Dit heeft ook te maken met de verantwoordelijkheidskwestie; bij de verantwoordelijkheid van een huiseigenaar hoort ook monitoring van de grondwaterstand op het eigen perceel, en daarvoor ontbreekt het bewustzijn vooralsnog.

**Blijf informatie over schades, kwetsbaarheden en blootstelling structureel verzamelen**

De schaderamingen zijn gebaseerd op schadekentallen en globale kenmerken van bijvoorbeeld panden uit een bepaalde bouwperiode in een bepaald gebiedstype. Daarmee is nog geen nauwkeurige raming beschikbaar van het aantal panden dat daadwerkelijk risico loopt op schade, en waar ze precies staan. Idealiter zou zo'n analyse worden uitgevoerd met behulp van een landelijke database waarin informatie is opgeslagen over bijvoorbeeld funderingstypen, aanlegniveaus en grondwaterstanden. Een dergelijke database ontbreekt vooralsnog.

Het doorlopend verzamelen van informatie is niet alleen zinvol om de schaderamingen te verfijnen, maar ook om nauwkeuriger risicogebieden te kunnen vaststellen. Dit zal een belangrijk hulpmiddel zijn om voorlichting aan actoren te concentreren in gebieden die met een aanzienlijke zekerheid risico lopen, zonder nodeloos paniek te zaaien in gebieden waar het risico minder groot is.

**8.3 Bespiegeling uitkomsten****Schademechanismen van de toekomst zijn ook de schademechanismen van nu**

Er kan daarom worden gesteld dat ook in de huidige situatie kennis van schademechanismen en maatregelen die schades kunnen voorkomen (w.o. ook bouwwijzen, locatiekeuze en inrichting), onvoldoende wordt benut. Doorgaan op de huidige voet leidt, ook zonder klimaatverandering, zeer waarschijnlijk tot toename van de ernst van knelpunten en schades.

**Nauwkeurigheidsmarge van de ramingen is groot**

Er is een grote bandbreedte in de mate en ernst waarin effecten zich voordoen. Ook de bandbreedte in de economische kengetallen is groot. Deze bandbreedtes, de hoeveelheid onnauwkeurigheid die zij veroorzaken in voorspellingen, overschaduwden hoogstwaarschijnlijk de marges van de bandbreedtes die voortkomen uit de klimaatscenario's.

Voor veel posten is het niet goed mogelijk onderscheid te maken tussen schade ten gevolge van de structurele toestand (meerjarig gemiddeld) of (terugkerende) incidenten tijdens droge periodes. Daardoor is het soms wel mogelijk om te schatten hoe groot een kostenpost maximaal (onder omstandigheden die binnen de meerjaarlijkse fluctuaties vallen) zou kunnen zijn, maar is het filteren van de effecten van extremere incidenten behoorlijk natte vinger werk.

De ramingen zijn voornamelijk gebaseerd op kentallen uit literatuur, die gelden voor het jaar van publicatie. Er is in de ramingen gebruik gemaakt van de meest actuele literatuurbronnen. Desondanks gelden de ramingen voor een prijspeil uit het recente verleden, en niet voor het prijspeil van 2012.

Van een aantal kostenposten is een berekening gemaakt op basis van informatie van één of enkele gemeenten onder specifieke omstandigheden. Het maken van een extrapolatie naar kosten voor heel Nederland is dan precair. Niet alleen de fysieke omstandigheden vormen namelijk de grondslag voor de cijfers in die gemeenten, maar ook in het verleden gemaakte keuzes door de lokale politiek of beheerders.

## **Grondwateronderlast is gecompliceerd dossiers**

Feit dat particulieren aanzienlijke kosten maken, maar in de praktijk weinig invloed (kunnen) uitoefenen op het voorkomen van schades, maakt van de preventie en afwikkeling van schades (ook nu al) een gecompliceerd dossier.

## **Waarde van voldoende water in de stad is groter dan omvang schades**

Vanwege de onzekerheden in de ramingen, het gebrek aan informatie over sommige schades en gebrek aan informatie over baten, is het niet verantwoord om de wel bekende kostenposten simpelweg bij elkaar op te tellen en dit bedrag representatief te stellen voor de totale economische waarde van voldoende water in de stad is. Deze waarde zal aanzienlijk hoger zijn dan de som van de nu geraamde componenten.

## **In hoeverre is maaiveld daling en verschilzetting een gevolg van droogte?**

Grosso modo kan worden gesteld dat maaiveld daling het gevolg is van het breken van een 'historisch laagterecord' van de grondwaterstand. Op de tijdschaal van een (zomer)seizoen wordt dit nieuwe laagterecord mede veroorzaakt door droogte, in de vorm van een hoog verdampingoverschot. Op de tijdschaal van bijvoorbeeld een decennium is het peilbeheer veelal de oorzaak van het laagterecord, omdat zonder peilaanpassingen het grondwater in de bewuste droge zomer niet zo ver zou zijn uitgezakt. Op de nog grotere tijdschaal van een millennium zou gesteld kunnen worden dat de oorzaak van de bodemdaling ligt in het feit dat de mens het veen heeft ontgonnen door middel van ontwatering. Een eenduidig, objectief antwoord op deze vraag is dan ook niet te geven, omdat dit afhankelijk is van de tijdschaal waarop wordt gekeken. Bij het beschouwen van alle aan maaiveld daling gerelateerde schadebedragen is het dan ook van belang deze niet rücksichtslos en voor de volle 100% toe te rekenen aan droogte.

## **Schades in nieuwbouwgebieden kunnen worden beperkt**

Veel kostenposten hebben betrekking op de bestaande stedelijke gebieden. Toch zijn er enkele substantiële posten bij nieuwbouw die met name het gevolg zijn van de wijze van ontwerpen en inrichten van nieuwe gebieden. Het vermoeden bestaat dat deze kosten bij nieuwbouw minder hoog hoeven te zijn als er bewustere keuzes worden gemaakt ten tijde van ontwerp en bouw. Bij herstructurering zou rekening moeten worden gehouden met bestaande schade in de oude situatie, wat aanknopingspunten biedt voor de selectie en inzet van maatregelen.



#### 8.4 Overzicht schademechanismen en -ramingen

De navolgende tabellen tonen samenvattend voor welke door watertekorten en (grond)wateroverlast beïnvloede schademechanismen, welke ramingen zijn gevonden of berekend.

Betekenis van de kolommen:

Mechanisme	Proces dat tot schade/kosten leidt. In dit rapport wordt de naam van een mechanisme gebruikt als aanduiding van een schadepost.
Schadepost	Raming die verkregen is uit literatuur of is gemaakt op basis van uit literatuur verkregen kentallen. De eenheid van de raming is Euro.
Tijdsaspect	Frequentie waarmee de schade optreedt
Effect klimaat/droogte	Het verwachte effect dat een (droger) klimaat op de schades heeft
Kostendragers	De partij die in directe zin voor de schade opdraait.

Alle in de tabel opgenomen mechanismen zijn als relevant beoordeeld.

In paragraaf 8.3 is aangegeven dat er nog grote kennis- en informatiehiaten zijn. Dit komt in de tabellen tot uiting via de term 'onvoldoende informatie'.

Er dient nogmaals op te worden gewezen dat de nauwkeurigheidsmarge van de bedragen groot is en bij elk bedrag de daaraan ten grondslag liggende aannamen en uitgangspunten in acht moeten worden genomen. Zoals altijd het geval is, zullen toekomstige onderzoeksresultaten ongetwijfeld aanleiding zijn tot het bijstellen van de ramingen.

Schademechanisme	Schadepost (ordegrootte)	Tijdsaspect	Effect klimaat / droogte	Kostendragers
Verlaging woningwaarde door verminderde waterkwaliteit	100 – 300 miljoen	Eenmalig	Bijdrage van droogte aan de schadepost is 0,02 – 0,06 miljard, conform de redenering dat 20% van het probleem kan worden opgeheven met KRW maatregelen (bijdrage droogte, niet klimaat W+)	Huiseigenaar
Schade recreatie door verminderde waterkwaliteit	0,1 – 0,3 miljoen (enkele honderdduizenden) door slechte kwaliteit stedelijk zwembad	Jaarlijks	0,02 – 0,06 miljoen (enkele tienduizenden Euro)  20% van het probleem kan mogelijk worden opgeheven met KRW maatregelen.	Recreant en exploitant (op langere termijn verpachter)
Droogteschade aan groen	Weinig informatie  1 deelpost te kwantificeren: circa 7,7 miljoen Euro per jaar voor besproeiing particuliere tuinen	Jaarlijks	Onvoldoende informatie  Indicatief: totale gemeentelijke beheerkosten groen zijn nu 737 miljoen/jaar. Bij circa 10% extra uitval van struiken en bomen, enkele miljoenen schade per jaar	Tuinen: huiseigenaar Openbaar groen: gemeente
Natschade aan groen in tuinen en parken	450 miljoen Euro (bestaand stedelijk gebied) en 9 miljoen Euro/jaar (nieuwbouw)	Eenmalig en een jaarlijkse post voor nieuwbouw	Onvoldoende informatie	Tuinen: huiseigenaar Openbaar groen: gemeente

Schademechanisme	Schadepost (ordegrootte)	Tijdsaspect	Effect klimaat / droogte	Kostendragers
Maaiveld­daling terreinen	Maaiveld­daling sportterreinen: onvoldoende informatie	Enmalig of periodiek	Onvoldoende informatie	Grondeigenaar
	Maaiveld­daling openbaar groen: onvoldoende informatie, zit deels verwerkt in kosten voor natschade groen	Periodiek ophogen	Onvoldoende informatie	Gemeente
	Maaiveld­daling particulier groen: onvoldoende informatie	Periodiek	Onvoldoende informatie	Huiseigenaar
Grondwateronderlast (funderings­schade door maaiveld­daling, vers­chil­zetting, paalrot)	5 miljard actuele kosten schadeherstel (peiljaar 2000)  Theoretische bovengrens van 40 miljard Euro schadeherstel, indien elk kwetsbaar geacht pand, binnen gebieden met een hoge bloot­stelling, moet worden hersteld	Enmalig  40 miljard zal waarschijnlijk niet volledig gehaald worden	Maximaal 25 miljard van de 40 miljard is geprojecteerd in gebieden waarin droogte van relatief grote invloed kan zijn op toename van de grondwateronderlast	Huiseigenaar (bij grootschalige schade ook gevolgen voor hypotheekverstrekkers)
Schade aan infrastructuur door on­gelijk­matige zakking (wegen en riolering)	0,25 miljard voor alle gemeenten op slappe, weinig draagkrachtige grond (reële raming huidige situatie, geen bovengrens)	Jaarlijks	Elk jaar een toename van 1 miljoen Euro tot 2050	Gemeente
Schade aan drijvende woningen en woonschepen door lage waterstand	Onvoldoende informatie	Jaarlijks	Onvoldoende informatie	Eigenaar
Verstopping drainage­buizen door droogval	Onvoldoende informatie	Jaarlijks	Onvoldoende informatie	Drainage onder openbaar terrein: gemeente. Drainage op particulier terrein: huiseigenaar/terreineigenaar
Transport­beperking elek­triciteits­kabels door oververhitting	Onvoldoende informatie	Jaarlijks	Onvoldoende informatie	

Schademechanisme	Schadepost (ordegrootte)	Tijdsaspect	Effect klimaat / droogte	Kostendragers
Schade aan panden met kelders of funderingen op staal/trekpalen door wijziging opwaartse grondwaterdruk	Onvoldoende informatie  Herstelkosten per gebouw vermoedelijk vergelijkbaar met die van grondwateronderlast. Aantal gebouwen met deze schade is fractie van het aantal met schade door grondwateronderlast	Eenmalig	Onvoldoende informatie	Huiseigenaar
Spoorvorming, verzakking van wegen/bestrating binnen woongebied door hoge grondwaterstand	210 miljoen Euro eenmalig en een jaarlijkse toename voor nieuwbouwgebieden van 4,2 miljoen Euro  Over schade door spoorvorming en gaten in wegen is onvoldoende informatie	Eenmalig en jaarlijkse post voor nieuwbougebied	Onvoldoende informatie	Gemeente
Schade aan houten vloeren, metsel- en stucwerk door grondwateroverlast	1,4 miljard Euro voor compenserende maatregelen aan bestaande bebouwing.  Jaarlijkse toename met 28 miljoen Euro voor nieuwbouw  De feitelijke schade is naar verwachting een veelvoud van de kosten van maatregelen.	Eenmalig en jaarlijkse post voor nieuwbouw	Onvoldoende informatie	Huiseigenaar
Schade aan gebouwen en roerende goederen door water op straat	Tot meer dan 5000 Euro per woning Gemiddelde inboedelschade 817 Euro, gemiddelde gebouwschade 1.229 Euro  Tussen 2.000 en 30.000 Euro per bedrijfspand	Incidenteel	Onvoldoende informatie	Directe schade is voor de eigenaar van de onroerende en roerende goederen (waarschijnlijk gedekt door verzekering)

Schademechanisme	Schadepost (ordegrootte)	Tijdsaspect	Effect klimaat / droogte	Kostendragers
Gezondheidschade door verminderde waterkwaliteit	22 miljoen Euro/jaar voor afname zwemwaterkwaliteit  onduidelijk hoeveel van de schade is te wijten aan watertekorten in stedelijk gebied.	jaarlijks	Onvoldoende informatie	Extra zorgkosten bij de zorgverzekeraars (en overheid). Ziekteverzuim van werknemers bij de werkgevers
Gezondheidschade door vochtoverlast in woningen en gebouwen	Onvoldoende informatie	jaarlijks	Onvoldoende informatie	Extra zorgkosten bij de zorgverzekeraars (en overheid). Ziekteverzuim van werknemers bij de werkgevers
Gezondheidschade door water op straat	Onvoldoende informatie voor landelijke raming  Kans op ziekte door contact met overlast veroorzakend water is circa 11%	incidenteel	Onvoldoende informatie	Particulieren
Gezondheidschade en verlies arbeidsproductiviteit door hittestress	Onvoldoende informatie	Jaarlijks	Effect van droogte is niet te bepalen.  Effect van temperatuurstijging is wel te ramen. In de warme maanden juli en augustus gelden voor 2050 de volgende ranges van toename van schade t.o.v. nu (negatieve schade = baten): Ziekenhuisopname -5 (G scenario) tot 14 miljoen (W+) Sterfte 1,3 (G) tot 8,7 (W+) miljoen Arbeidsproductiviteitsverlies 0 (G) tot 391 (W+) miljoen  Op jaarbasis heeft een warmer klimaat een dempend effect op ziekenhuisopname en sterfte (minder zieken en doden in winterperiode dan nu)	Extra zorgkosten bij de zorgverzekeraars (en overheid). Verminderde arbeidsproductiviteit bij de werkgevers



## Bijlage A: Expertsessies

De volgende experts zijn voor deze studie geraadpleegd:

- Frans van de Ven, universitair hoofddocent stedelijk waterbeheer TU Delft
- Jarl Kind senior econoom Deltares
- Roelof Stuurman, specialist stedelijk (grond)water Deltares
- Miguel Dionisio Pires, aquatisch ecooloog, specialist waterkwaliteit Deltares
- John Lambert, specialist stedelijke engineering Deltares
- Hans van Meerten, specialist geotechniek en hydrologie Deltares
- Jurjen van Deen, specialist geo-engineering impact management
- Frits van Tol, professor engineering TU Delft
- Peter Bosch, specialist klimaatmitigatie en –adaptatie in stedelijk gebied TNO.

De centrale vraag die aan de experts is gesteld is: hoeveel schade wordt potentieel geleden bij beperkingen in de aanvoer of beschikbaarheid van water in de stad, en hoeveel door wateroverschotten(overlast)?

Vragen die zijn gebruikt als leidraad bij de expertsessies, en ter voorbereiding aan de experts zijn voorgelegd (deze vragen zijn ook voorgelegd aan contactpersonen bij gemeenten, waterschappen en provincies, t.b.v. fase 2 van het project):

Welke schadeposten zie je t.g.v. watertekorten en –overschotten in de stad?

Hoe groot zijn die schadeposten (huidige situatie en vooruitzichten onder huidig klimaat)?

Welke regionale verschillen in schades zijn er? En waar zijn die van afhankelijk (welke factoren die blootstelling bepalen en welke factoren die kwetsbaarheid bepalen)?

Heb je kwantitatieve informatie over deze schadeposten of kengetallen waarmee die schade zou kunnen worden berekend?

Hoe zouden we de schade voor deze posten moeten/kunnen berekenen? Welke factoren zijn van belang?

Als er geen informatie is, kunnen we dan met (jouw of dat van welke anderen) expert judgement een schadebedrag schatten?

Wat is haalbaar t.a.v. betrouwbaarheid en nauwkeurigheid (range) van ramingen?

Wat is het relatieve belang van de schadeposten t.o.v. elkaar?

Gaat door klimaatverandering de schade toenemen? En ik welke mate? Met welke snelheid?

Wat is het belang van deze schadepost voor het Deltaprogramma (kan in het Deltaprogramma iets worden gedaan om de schadepost te bedwingen)?

Kan de schade eigenlijk wel worden voorkomen door maatregelen? Zijn dat dan lokaal in te zetten maatregelen of maatregelen die gerelateerd zijn aan de regionale watervoorziening?

Welke partijen worden belast met de schadeposten? En welke partijen kunnen in welke mate bijdragen aan het voorkomen van de schades?





## Bijlage B: Kaarten

Eén van de doelstellingen van de studie is het construeren van een ruimtelijk beeld van de voorkomens van schademechanismen en schadeposten: waar komen welke schades in meer of mindere mate voor? Om deze vraag te beantwoorden heeft een groep van interdisciplinaire deskundigen de lijst van relevante schademechanismen geconfronteerd met de kenmerken van thematische kaarten en in kaart weergegeven modeluitkomsten. Doel hiervan was te bepalen van welke schademechanismen de voorkomens op betrouwbare wijze ruimtelijk zijn weer te geven, op basis van welke thematische kaarten en modelresultaten.

Er is onderscheid gemaakt naar *blootstelling* aan schademechanismen (de mate waarin het fysieke systeem schademechanismen aandrijft) en naar *kwetsbaarheid* van bebouwing voor schademechanismen. De combinatie van beide is bepalend voor het daadwerkelijke optreden van schades.

### Kartering blootstelling

De volgende schadeveroorzakende mechanismen zijn geselecteerd voor weergave:

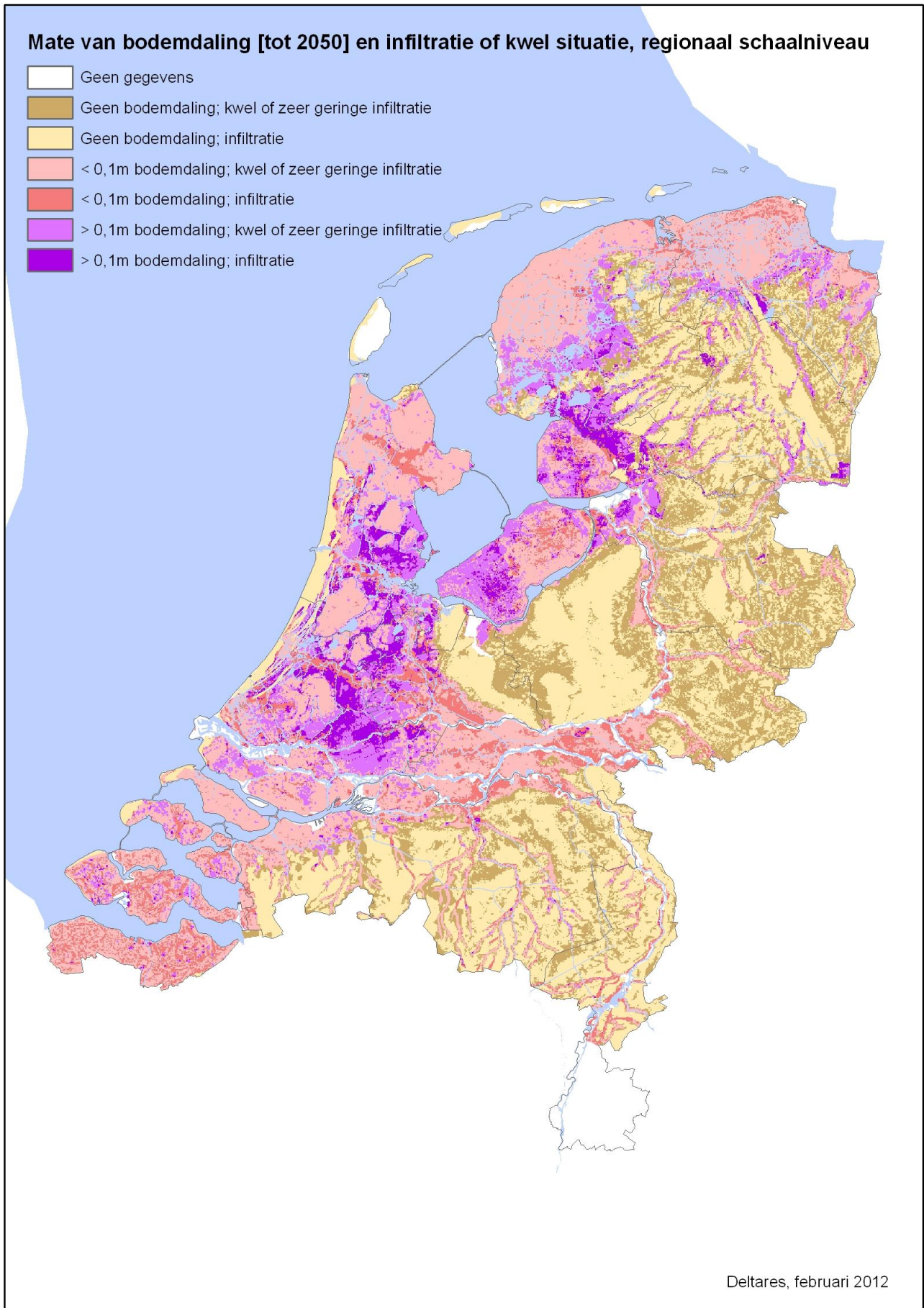
1. Maaiveld daling
2. Verschilzetting
3. Paalrot
4. Grondwateroverlast.

Voor de blootstelling aan deze mechanismen is vastgesteld dat deze goed kan worden weergegeven door de combinatie van watersysteemkenmerken (zie Figuur 2.1), de verwachte bodemdaling en een onderscheid naar kwel- en infiltratiegebieden. In deze combinatie worden vele onderliggende kenmerken van het fysieke bodem en (grond)watersysteem verenigd. Figuur 0.1 geeft het resulterende kaartbeeld weer.

De verwachte bodemdaling, die tevens representatief is voor de gevoeligheid voor zettingen, is recentelijk (De Lange & Gunnink, 2011) door Deltares en TNO t.b.v. de Deltascenario's gemodelleerd. Daarbij is gebruik gemaakt van een gedetailleerde schematisatie van de bodemopbouw. Er zijn verschillende scenario's doorgerekend. Voor de constructie van Figuur 0.1 is gebruik gemaakt van het scenario dat de bodemdaling tot 2050 beschrijft, bij een ongewijzigd peilbeheer (het waterpeil wordt samen met de bodemdaling telkens naar beneden bijgesteld) en zonder klimaatverandering. Bodemdaling door zout- en aardgaswinning wordt door de kaart niet weergegeven. De kaart toont dus alleen bodemdaling a.g.v. oxidatie, zetting en klink.

Het onderscheid naar kwel en infiltratie is afkomstig uit de resultaten van het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium v2.2. Dit is op een landelijk niveau de best beschikbare data. De uitkomsten van het NHI zijn voor het stedelijk gebied echter niet erg nauwkeurig. Het kwel/infiltratie beeld in Figuur 0.1 klopt daarom niet precies voor elke stad.

Het kaartbeeld van Figuur 0.1 wordt bepaald door de classificatie van de thema's: mate van bodemdaling, infiltratie en kwel. Om het kaartbeeld op een regionaal schaalniveau bruikbaar te maken is er voor gekozen per thema slechts twee of drie klassen te onderscheiden. De combinatie van thema's leidt dan tot zes verschillende typen gebieden.

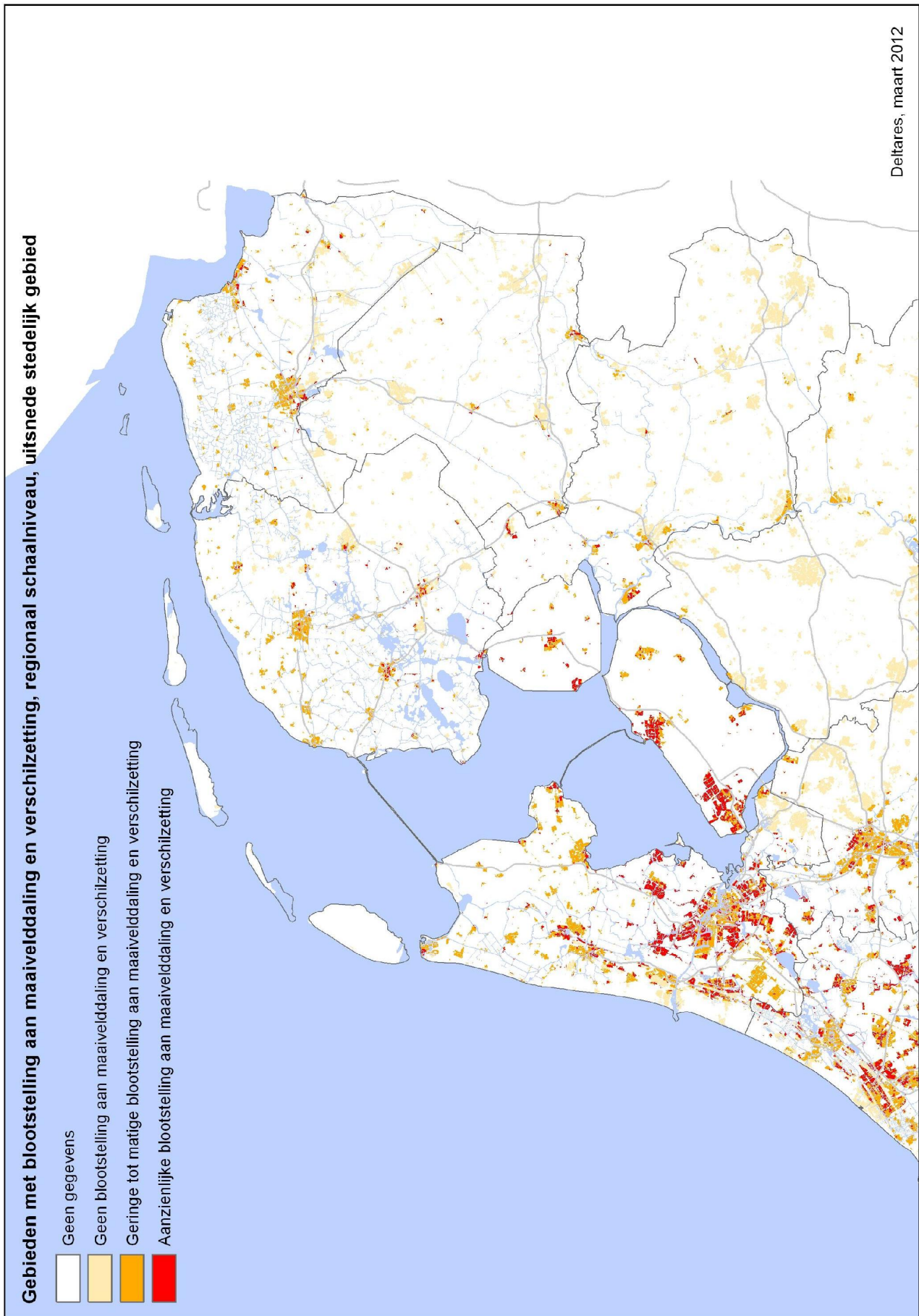


Figuur 0.1 Mate van bodemdaling (tot 2050) en infiltratie- of kwelsituatie, op een regionaal schaalniveau.

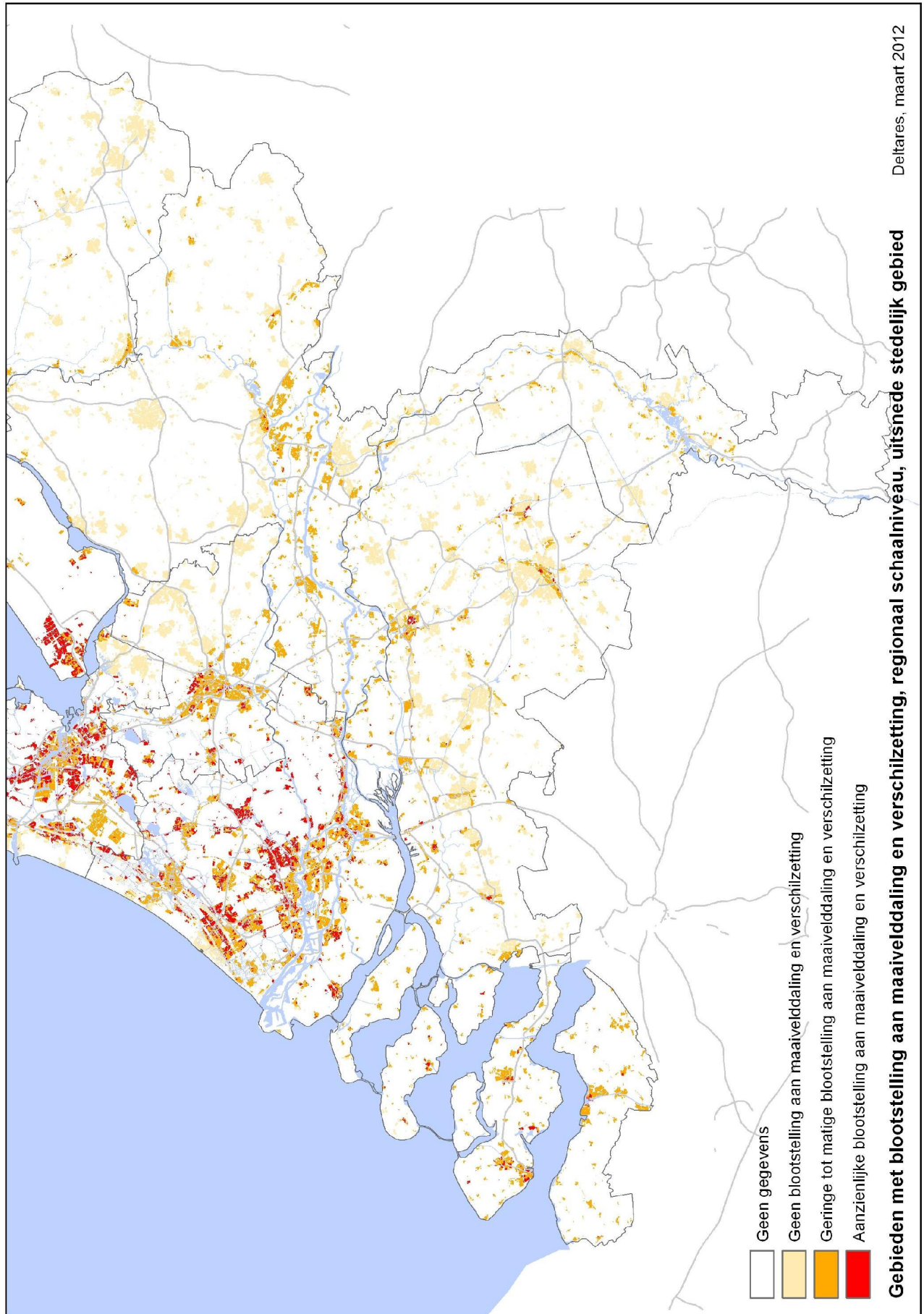
Vervolgens is bepaald dat het niet reëel is om per schademechanisme in kwalitatieve zin meer dan drie klassen te onderscheiden. Onderstaande tabel geeft weer welke classificatie van thema's leidt tot welk kwalitatief oordeel over de mate van blootstelling aan de schademechanismen. De in de laatste kolom vermelde classificatie naar blootstelling komt tot uiting in de kaartbeelden van Figuur 4.1, Figuur 4.2 en Figuur 4.3.

Bruikbaar schaalniveau thematische kartering	Thema's	Classificatie thema's	Classificatie blootstelling
Regionaal	<b>Bodemdaling</b> t.g.v. peilbeheer 2000 – 2050 in combinatie met <b>Kwel of infiltratie</b>	Geen bodemdaling (zand/leem/löss), infiltratie	Geen <b>maaiveld</b> daling Geen <b>verschilzetting</b> Geen <b>paalrot</b> Geen <b>grondwateroverlast</b>
		< 0,1m bodemdaling (klei), infiltratie	Geringe tot matige blootstelling aan <b>maaiveld</b> daling Geringe tot matige blootstelling aan <b>verschilzetting</b> Kans op <b>paalrot</b> Geringe tot matige kans op <b>grondwateroverlast</b>
		> 0,1m bodemdaling (klei-veen, veen), infiltratie	Aanzienlijke blootstelling aan <b>maaiveld</b> daling Aanzienlijke blootstelling aan <b>verschilzetting</b> Kans op <b>paalrot</b> Aanzienlijke kans op <b>grondwateroverlast</b>
		Geen bodemdaling (zand/leem/löss), kwel of zeer geringe infiltratie	Geen <b>maaiveld</b> daling Geen <b>verschilzetting</b> Geen <b>paalrot</b> Aanzienlijke kans op <b>grondwateroverlast</b>
		< 0,1m bodemdaling (klei), kwel of zeer geringe infiltratie	Geringe tot matige blootstelling aan <b>maaiveld</b> daling Geringe tot matige blootstelling aan <b>verschilzetting</b> Kans op <b>paalrot</b> Aanzienlijke kans op <b>grondwateroverlast</b>
		> 0,1m bodemdaling (klei-veen, veen), kwel of zeer geringe infiltratie	Aanzienlijke blootstelling aan <b>maaiveld</b> daling Aanzienlijke blootstelling aan <b>verschilzetting</b> Kans op <b>paalrot</b> Aanzienlijke kans op <b>grondwateroverlast</b>

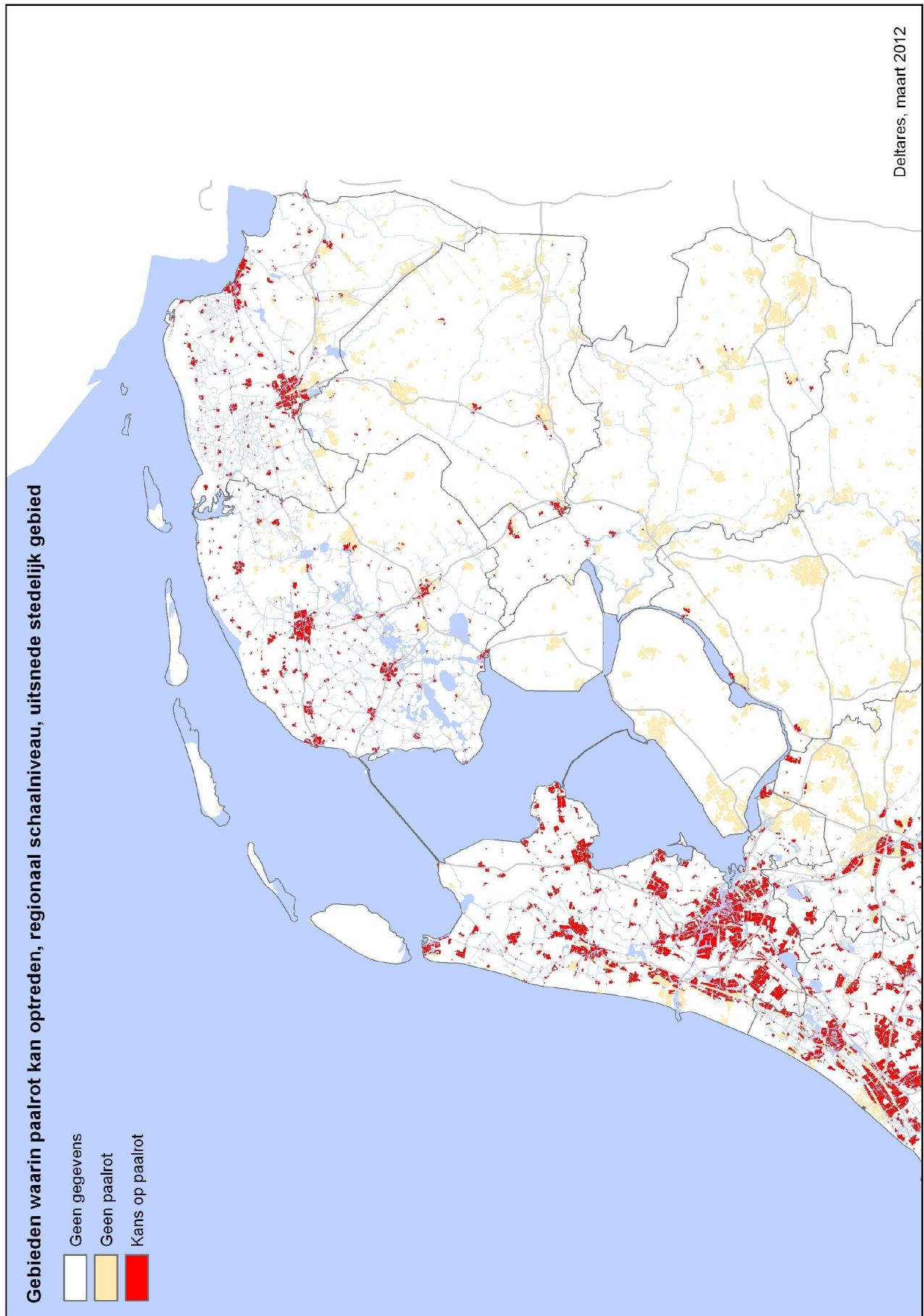
In Figuur 0.2 tot en met Figuur 0.7 is dezelfde informatie weergegeven als in Figuur 4.1, Figuur 4.2 en Figuur 4.3, maar dan alleen voor de stedelijke gebieden.



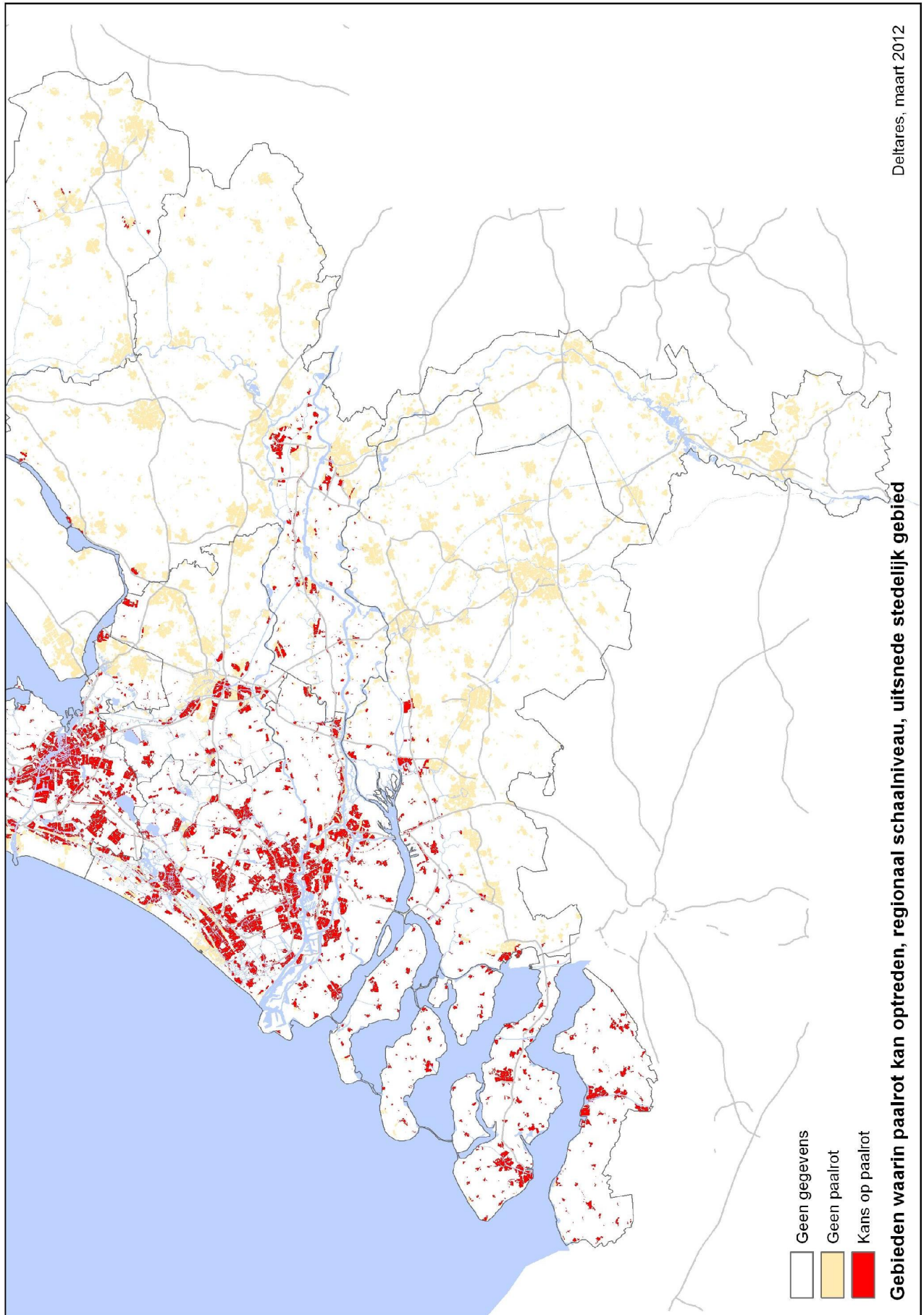
Figuur 0.2 Blootstelling van stedelijk gebied aan maaiveld daling en verschilding, Noord Nederland.



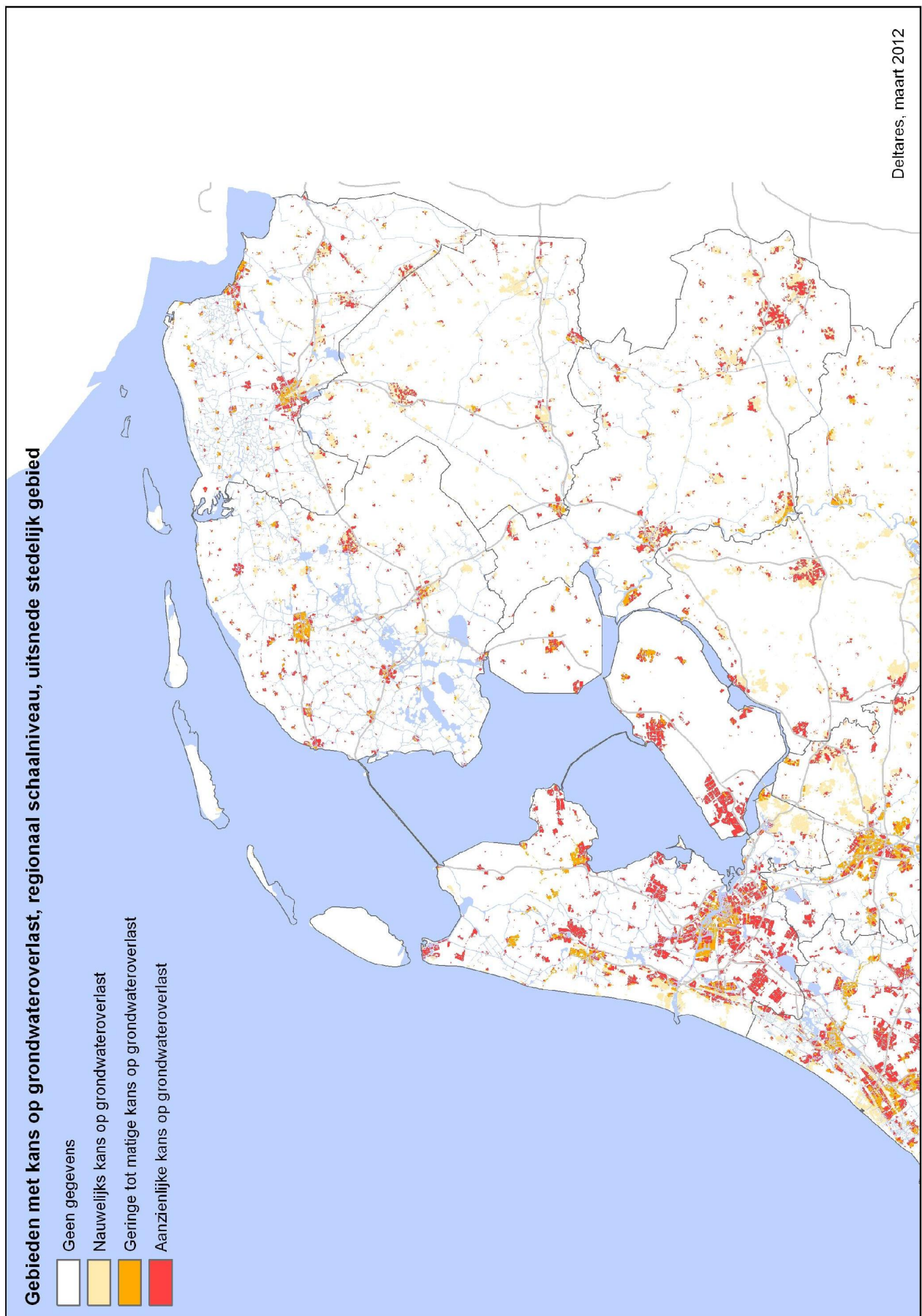
Figuur 0.3 Blootstelling van stedelijk gebied aan maaiveldaling en verschildzetting, Zuid Nederland.



*Figuur 0.4 Stedelijk gebied waarin paalrot kan optreden, Noord Nederland.*

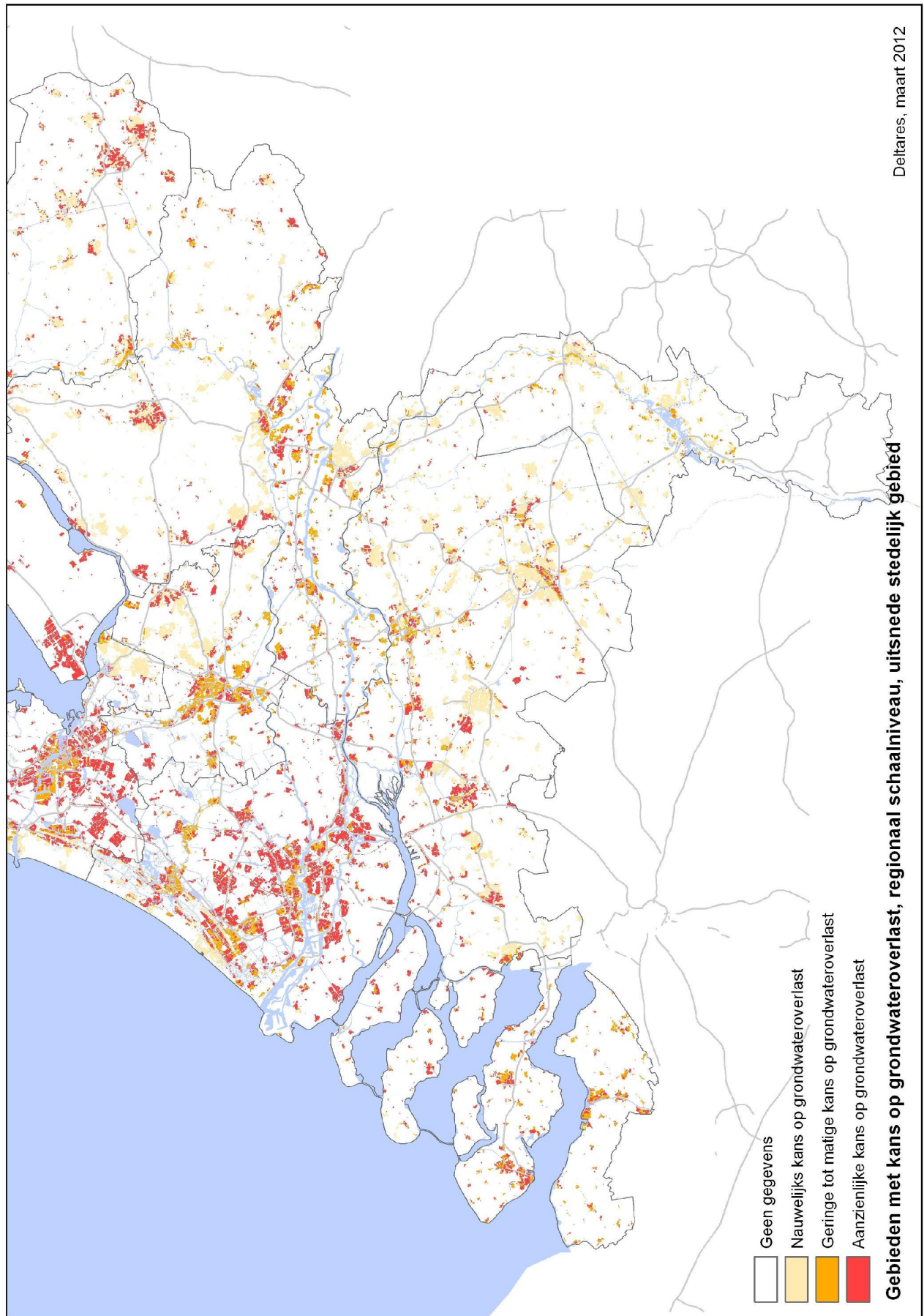


*Figuur 0.5 Stedelijk gebied waarin paalrot kan optreden, Zuid Nederland*



Figuur 0.6 Stedelijk gebied waarin grondwateroverlast kan optreden, Noord Nederland





*Figuur 0.7 Stedelijk gebied waarin grondwateroverlast kan optreden, Zuid Nederland.*

## Kartering kwetsbaarheid panden o.b.v. bouwperiode

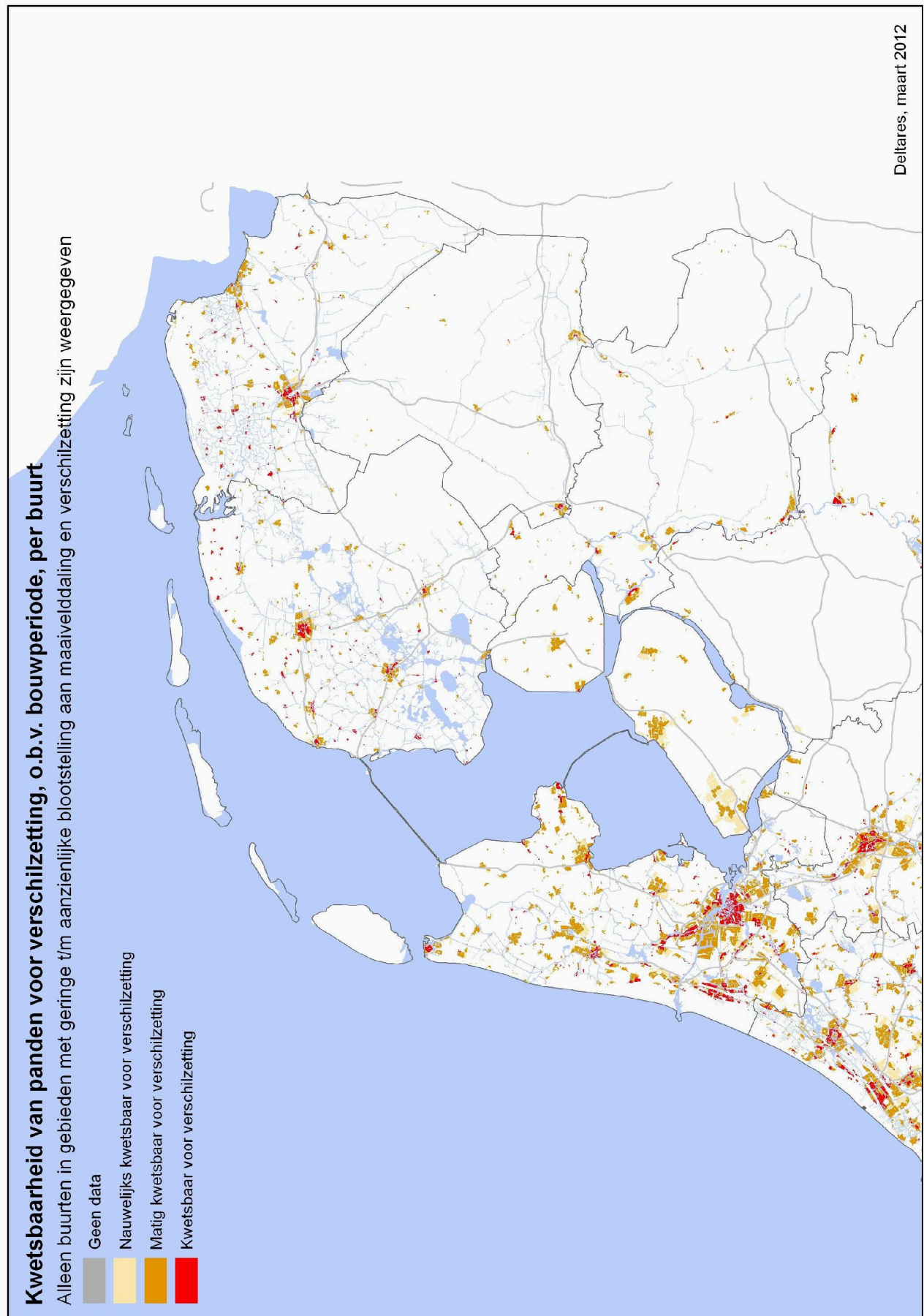
Gedurende de stedenbouwkundige historie van Nederland kunnen verschillende typerende perioden worden onderscheiden. Als onderscheid wordt gemaakt op basis van waterhuishoudkundige kenmerken van buurten en wijze van funderen, kunnen op hoofdlijnen vier perioden worden onderscheiden. Onderstaande tabel geeft die weer, met daarachter de mate van kwetsbaarheid van panden uit die periode voor paalrot en verschilzetting.

Bruikbaar schaalniveau thematische kartering	Thema	Klassen (bouwperiodes)	Classificatie kwetsbaarheid bebouwing
Regionaal en stad	<b>Ouderdom bebouwing</b>	< 1890	<b>Matig kwetsbaar voor paalrot</b> (Amsterdam is uitzondering) <b>Matig kwetsbaar voor verschilzetting</b> (Amsterdam is uitzondering)
		1890 – 1945	<b>Kwetsbaar voor paalrot</b> <b>Kwetsbaar voor verschilzetting</b>
		1945 – 1990	<b>Nauwelijks kwetsbaar voor paalrot</b> <b>Matig kwetsbaar voor verschilzetting</b>
		> 1990	<b>Nauwelijks kwetsbaar voor paalrot</b> <b>Nauwelijks kwetsbaar voor verschilzetting</b>

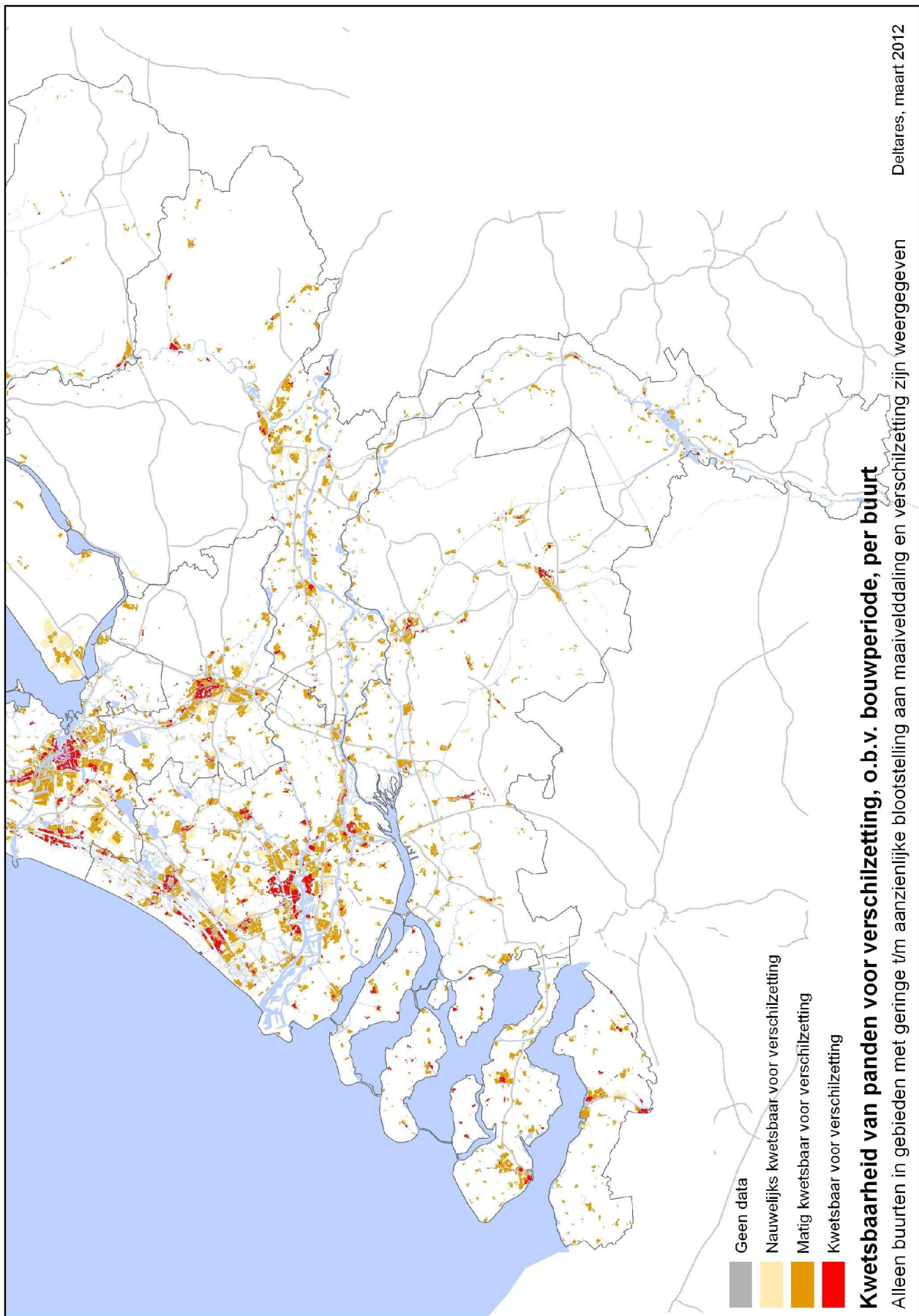
Panden uit de periode 1890 -1945 zijn voor beide schademechanismen kwetsbaar. In de buurten die voornamelijk panden uit deze perioden bevatten kunnen dan ook de meeste schadegevallen worden verwacht. De classificatie naar kwetsbaarheid komt tot uiting in Figuur 0.8 tot en met Figuur 0.11.

## Kartering risico's

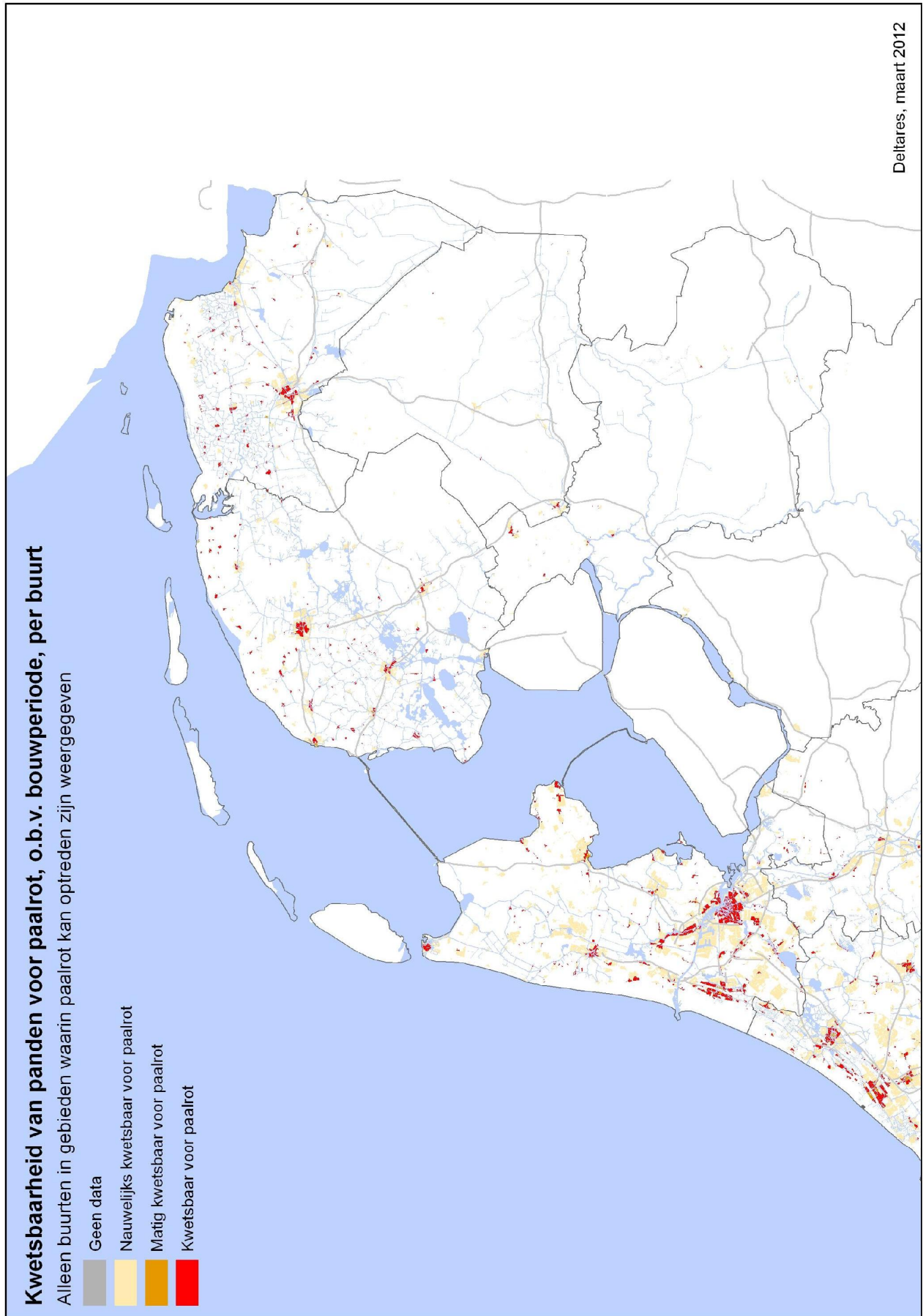
Figuur 0.12 tot en met Figuur 0.15 zijn het resultaat van een combinatie tussen de gemiddelde kwetsbaarheid van panden in een buurt en de blootstelling van een buurt aan maaiveldvaling/verschilzetting en paalrot. Daartoe is de mate van blootstelling die in meer dan de helft van een buurt plaatsvindt, kenmerkend gesteld voor de mate van blootstelling in die buurt. De kaarten geven alleen weer waar zwaartepunten van risico's kunnen worden verwacht.



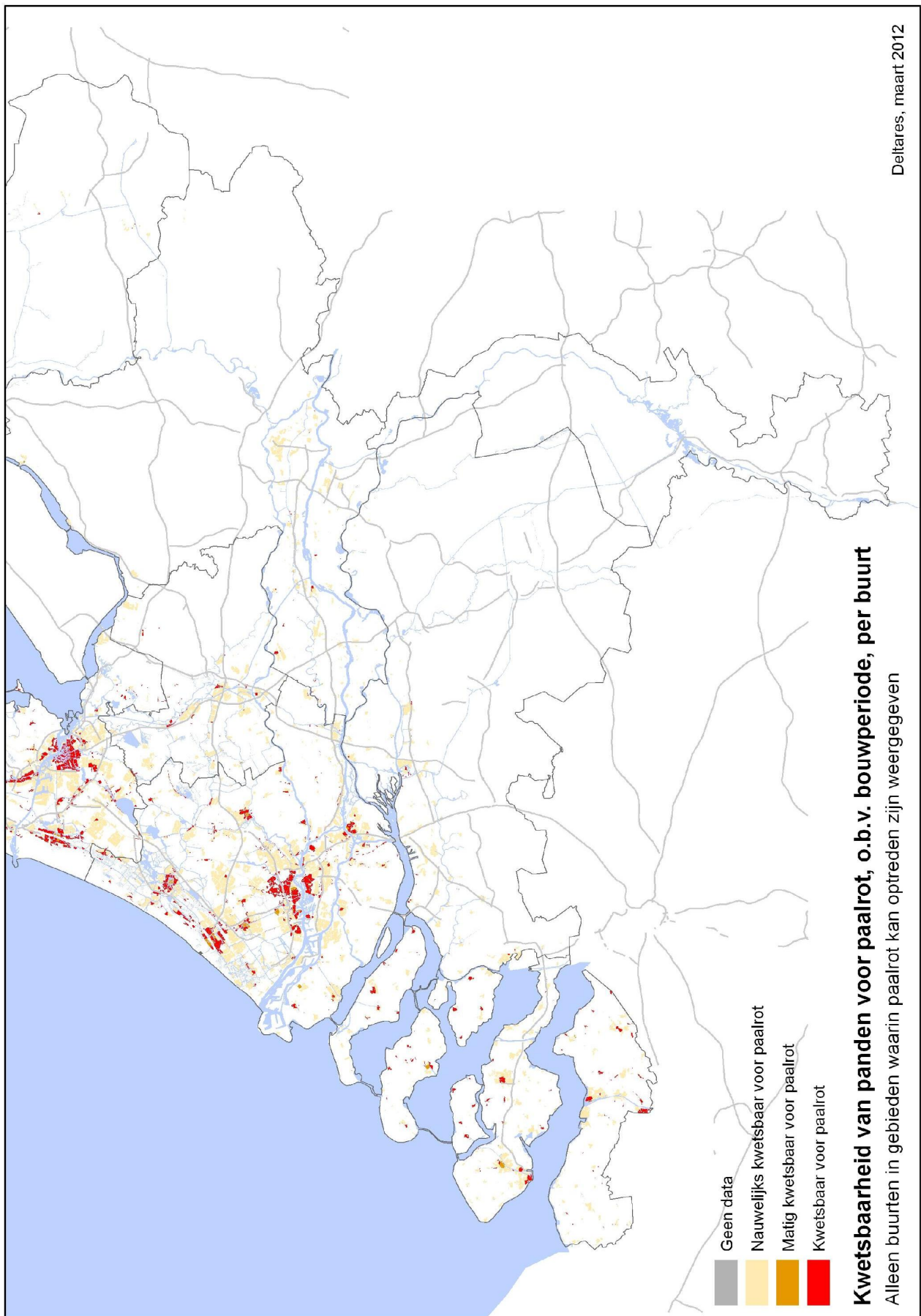
Figuur 0.8 Kwetsbaarheid van panden voor verschilzetting, o.b.v. bouwperiode, per buurt, Noord Nederland.



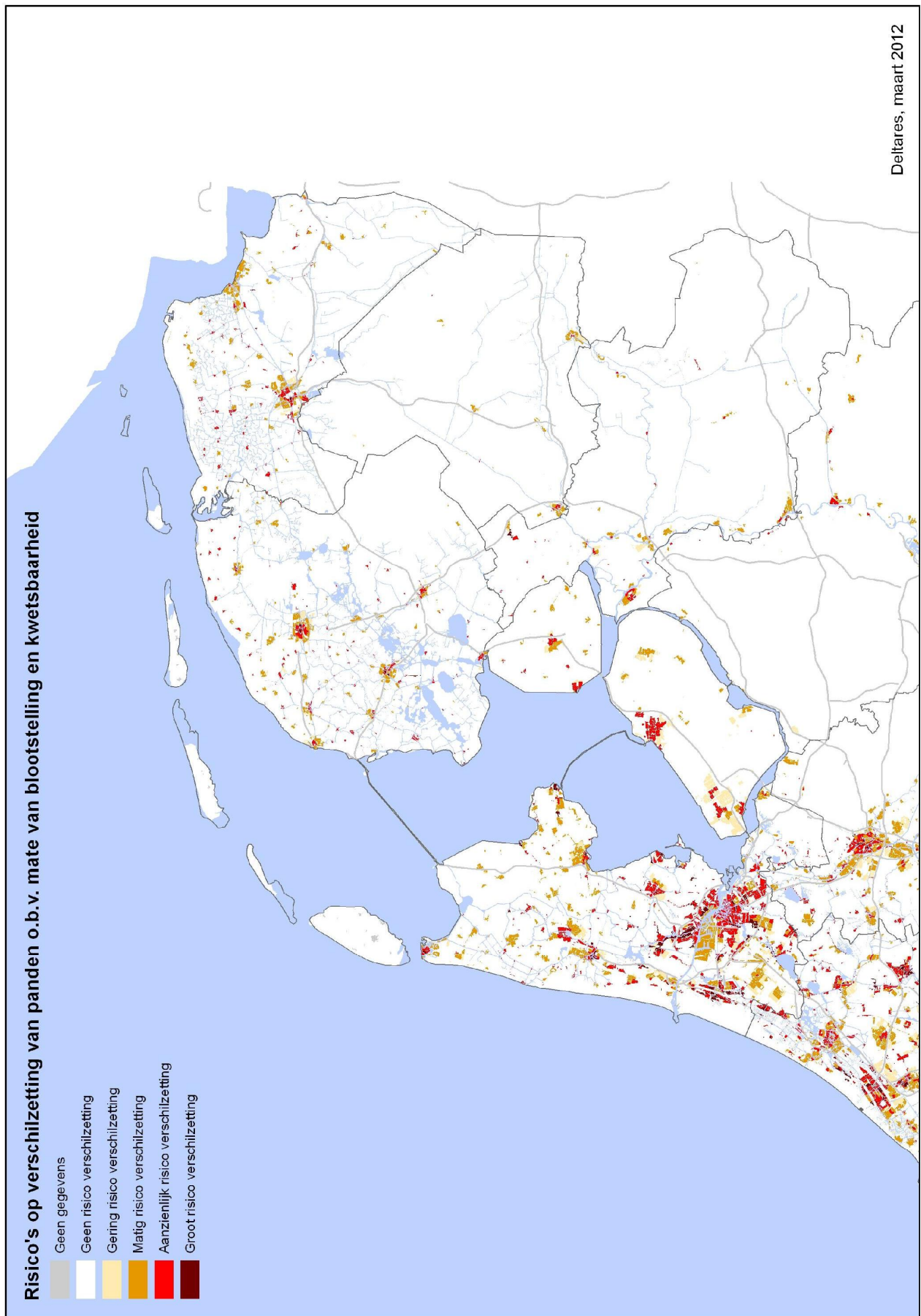
Figuur 0.9 Kwetsbaarheid van panden voor verszilzetting, o.b.v. bouwperiode, per buurt, Zuid Nederland.



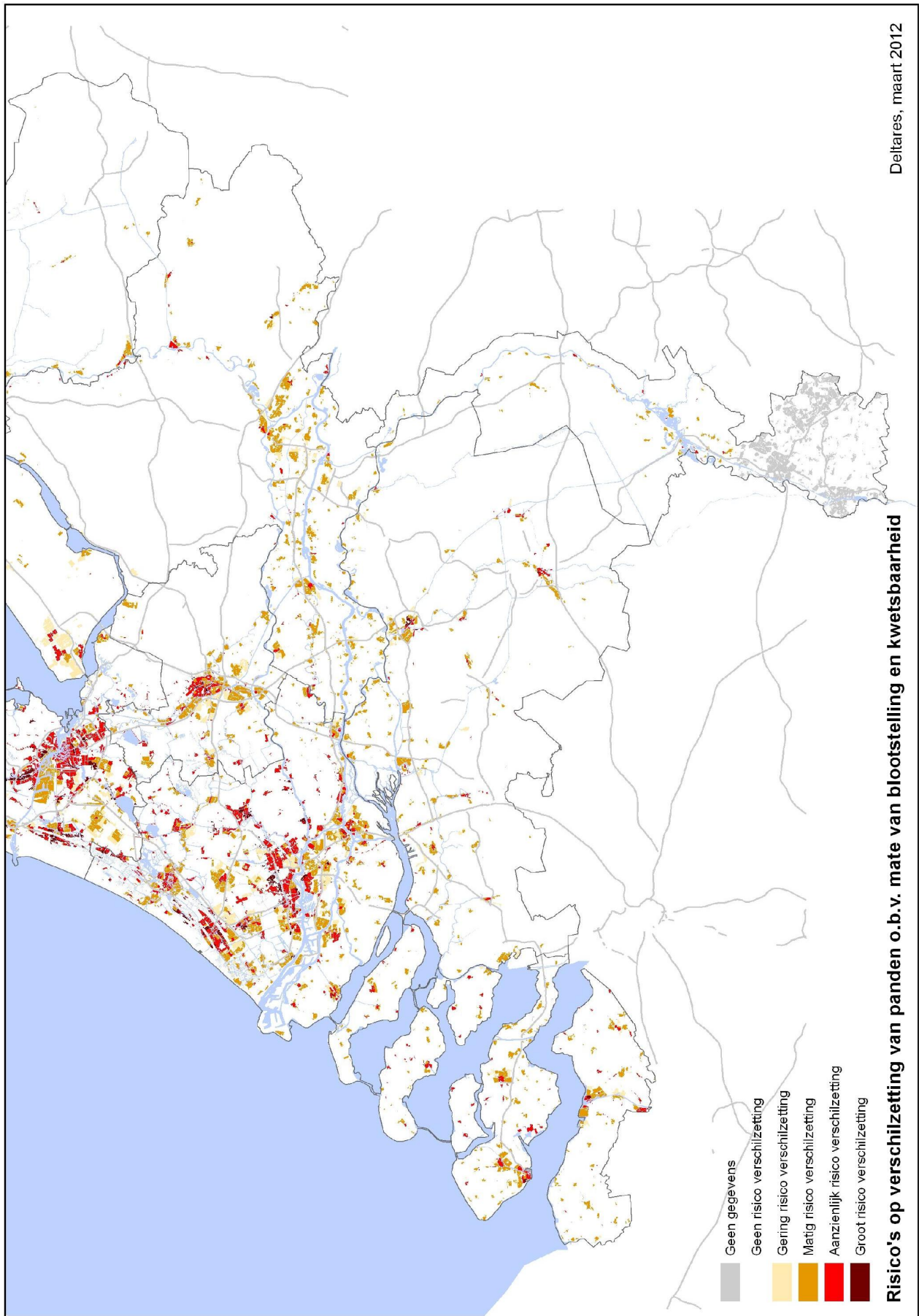
Figuur 0.10 Kwetsbaarheid van panden voor paalrot, o.b.v. bouwperiode, per buurt, Noord Nederland.



Figuur 0.11 Kwetsbaarheid van panden voor paalrot, o.b.v. bouwperiode, per buurt, Zuid Nederland.

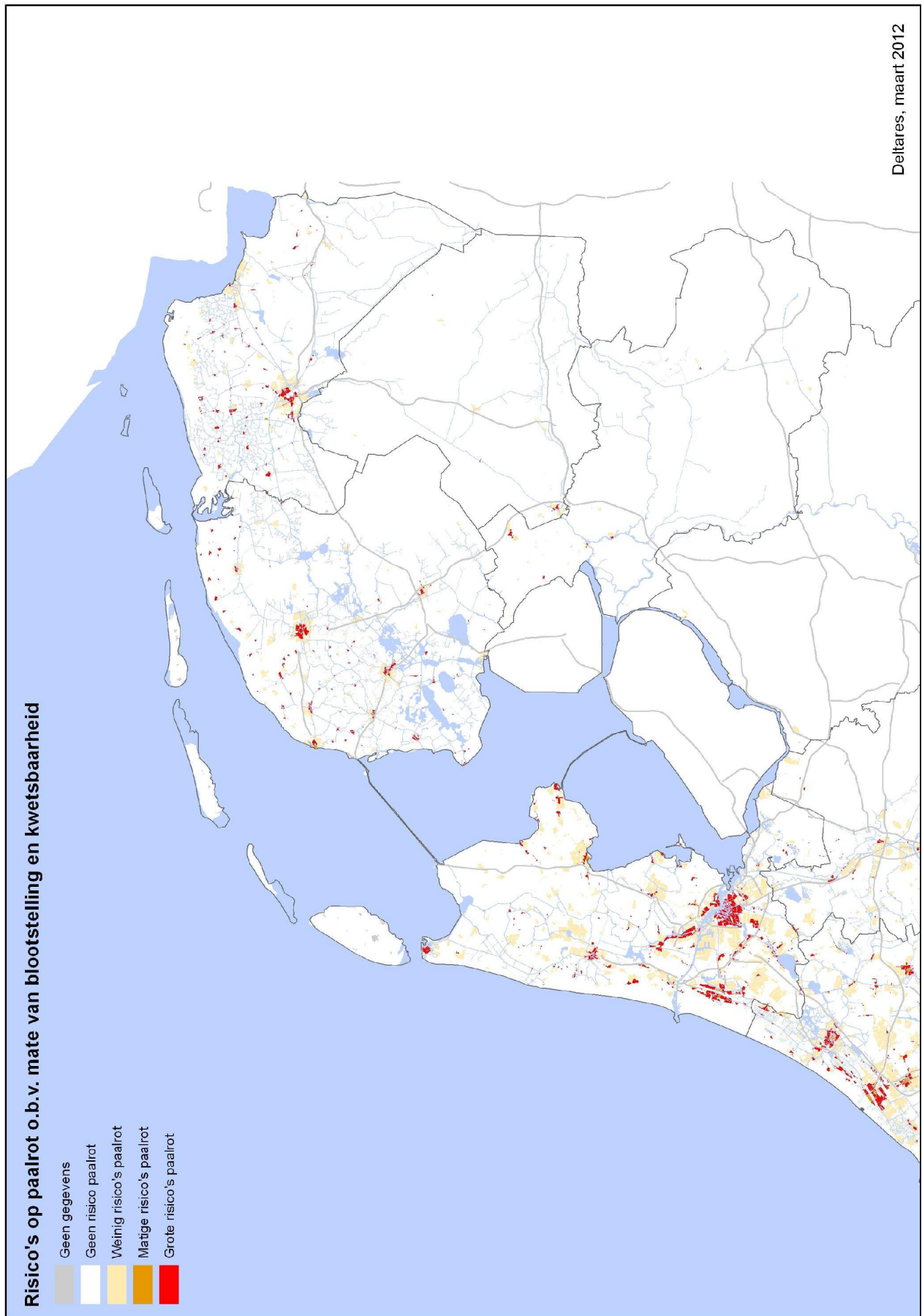


Figuur 0.12 Buurten in Noord Nederland waar risico's van verschilzetting van panden in meer of mindere mate optreden

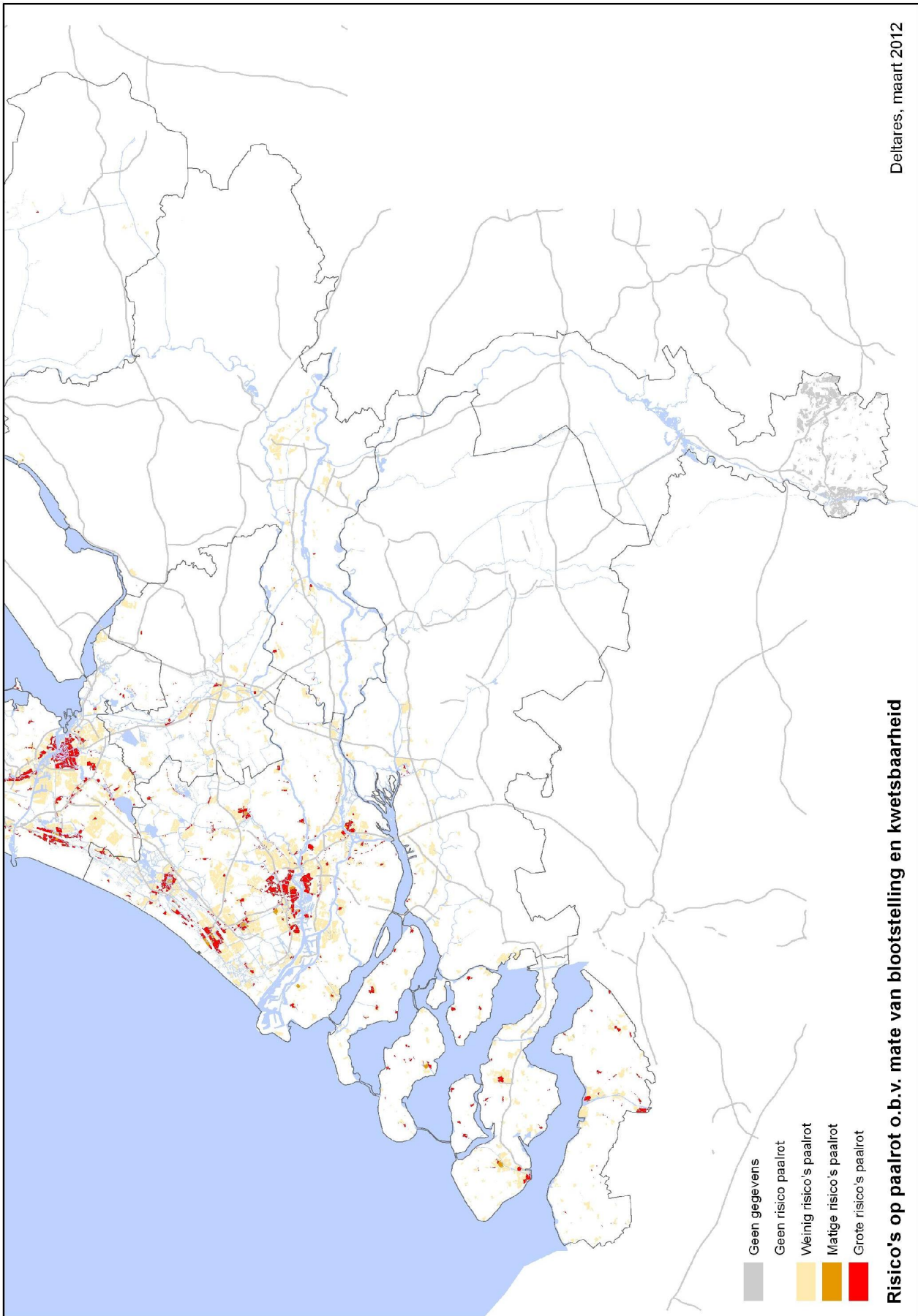


Figuur 0.13 Buurten in Zuid Nederland waar risico's van verschildzetting in meer of mindere mate optreden





Figuur 0.14 Buurten in Noord Nederland waar risico's van paalrot in meer of mindere mate optreden



Figuur 0.15 Buurten in Zuid Nederland waar risico's van paalrot in meer of mindere mate optreden

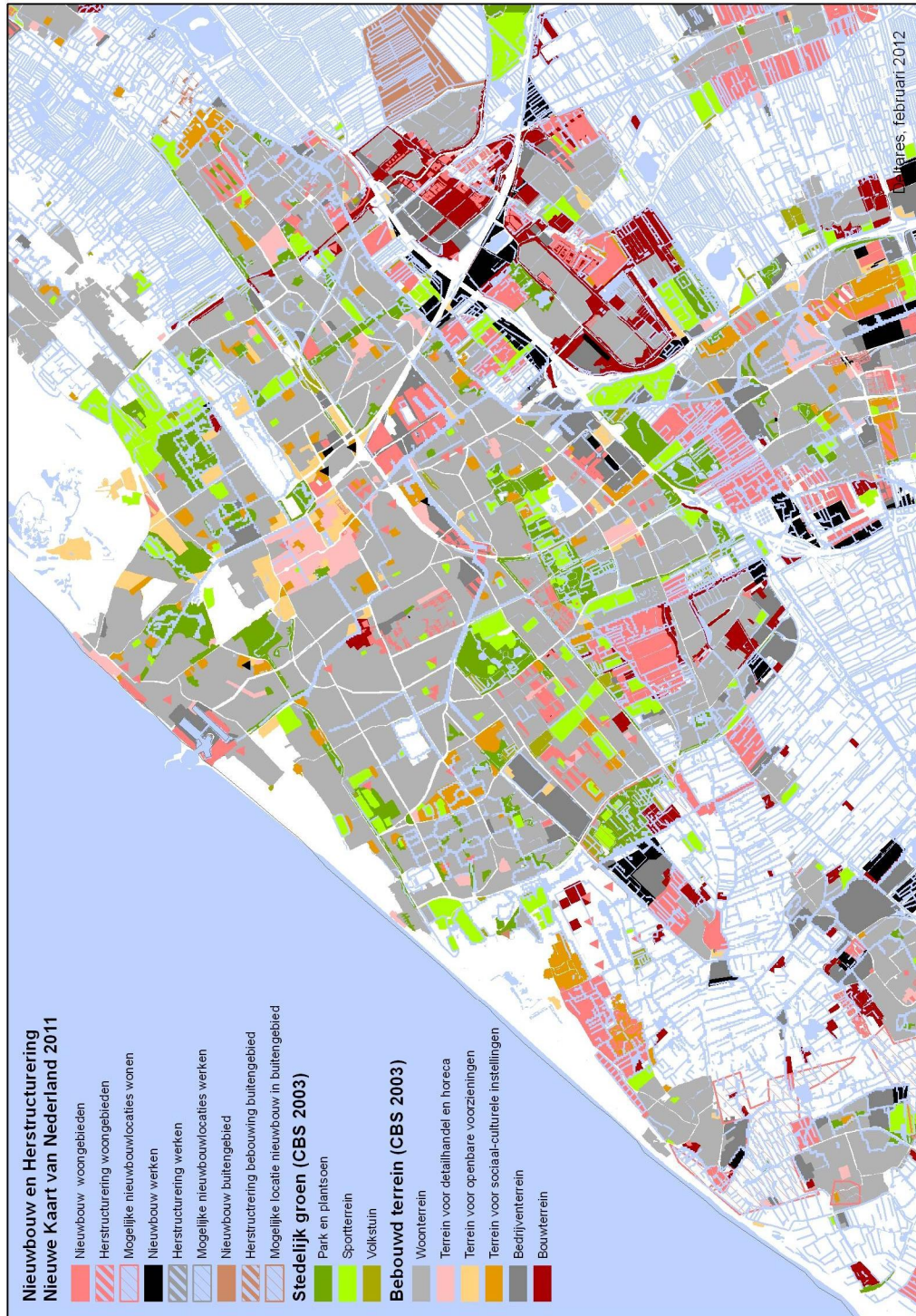
### **Kartering kwetsbaarheid stedelijk gebied o.b.v. functie**

Als wordt ingezoomd op het schaalniveau van een stad of buurt wordt duidelijk waar zich welke functies bevinden. Figuur toont de ligging van functies in Den Haag en omstreken. De legenda eenheden zijn gebundeld in de drie voornaamste categorieën van functies die met betrekking tot schademechanismen moeten worden onderscheiden:

- bestaand bebouwd terrein;
- stedelijk groen;
- nieuwbouw- en herstructureringslocaties.

Daarnaast zijn wegen en watergangen van belang.

In de tabel in hoofdstuk 8 (Conclusie) wordt aangeduid voor welk type functie een schademechanisme voornamelijk van belang is. Een kaart als Figuur komt dan van pas bij het lokaliseren van de plaatsen waarvoor een schademechanisme relevant kan zijn.



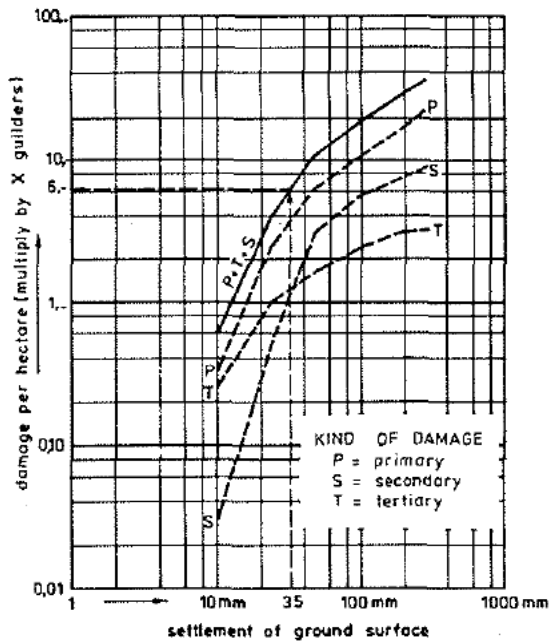
*Figuur 0.16* Functies binnen stedelijk gebied Den Haag en omstreken. Huidige bebouwing (bron: CBS), Nieuwbouw en Herstructureringsplannen (bron: Nieuwe Kaart van Nederland) en stedelijk groen (bron: CBS)

## Bijlage C: Additionele informatie gebouwschade en bodemdaling

Gedurende de studie zijn vele bronnen geraadpleegd. Informatie uit de navolgende bronnen kon niet direct worden verdisconteerd in de schadeberekeningen, maar zijn wel het vermelden waard en kunnen mogelijk toegepast worden in vervolgstudies.

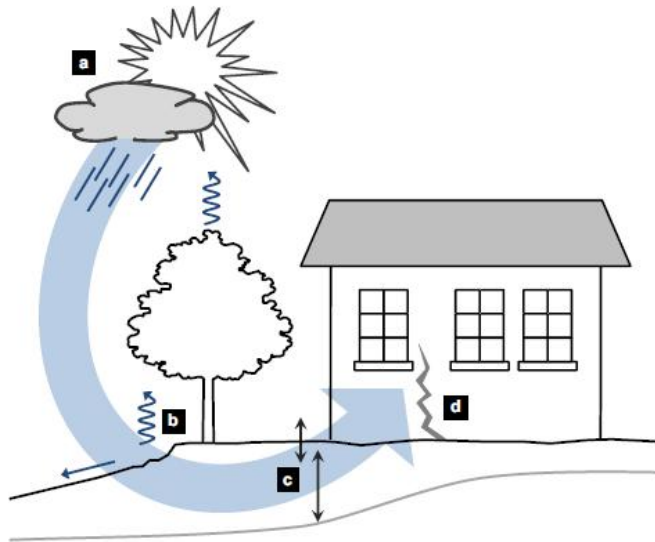
Een studie van Carree & Hulsbergen (1984) onderzocht de relatie tussen de statistisch verwachte schade per 10.000 m<sup>2</sup> en bodemdaling. De studie is gebaseerd op een uitgebreide inventarisatie van gebouwschade en bodemdaling in een gebied van circa 500 km<sup>2</sup> in Noord-Holland rond het Markermeer, met circa 100.000 gebouwen. Daarbij werd onderscheid gemaakt tussen funderingen op staal en op houten palen. De onderzoekers vonden een relatie tussen de ondergrond van gebouwen en de beweging van hun fundering en een relatie tussen de mate van verzakking van de grond en de verwachte schade per hectare. In onderstaande figuur is de schadefunctie uit het onderzoek weergegeven. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen (1) schade aan constructies, vastgoed en infrastructuur, (2) schade door (o.a.) waardedaling van vastgoed, advieskosten, toename van onderhoudskosten, en (3) administratieve kosten voor de overheid en kosten voor het opnemen van schade. De in het artikel genoemde schadegetal (800 miljoen gulden) heeft betrekking op de bodemdaling die verwacht werd na drooglegging van de Markerwaard. Het getal op zichzelf heeft daarmee geen actualiteitswaarde aangezien er geen sprake meer is van inpoldering van de Markerwaard. De schadefuncties zijn in theorie wel bruikbaar voor het schatten van schade als gevolg van bodemdaling op regionale schaal, maar zullen in elk gebied weer iets anders zijn, afhankelijk van de bodemgesteldheid en samenstelling van het gebouwenbestand. In een hieraan gerelateerde studie (Viergever, 1995) zijn van elk pand (!) in Hoorn bouwkundige en funderingsgerelateerde risicofactoren voor zakkingschade vastgelegd.

In een recenter onderzoek (Bijnagte e.a., 2009) is voor Oude Pekela een statistische relatie afgeleid tussen te verwachten gebouwschade bij een bepaalde peilverlaging, als functie van bodemsamendrukbaarheid, funderingstoestand, reeds opgetreden bouwzetting en afstand tot het openwater waar de peilverlaging zal worden doorgevoerd.



Figuur 4.1. Schadefunctie bodemdaling – gebouwschade. Bron: Carree & Hulsbergen (1984)

Corti et al (2009) onderzoeken hoe droogte kan leiden tot schade aan vastgoed door de verzakking van de bodem. Onderstaande figuur toont aan hoe verzakking van de bodem leidt tot schade aan gebouwen.



**Fig. 1.** Schematic of the impact chain leading to building damages from soil subsidence. Meteorology (a), soil hydrology (b), soil shrinkage and swelling (c), building damage (d).

Bron: Corti et al. (2009)

Het model van Corti et al (2009) gaat uit van vier factoren die van invloed zijn op schade bij bodemverzakking:

- Meteorologie.
- Bodem hydrologie.
- Bodem mechanismen.

Type gebouwen (niet alle gebouwen reageren hetzelfde op bodemverzakking). Op basis van bovenstaande factoren is een schadefunctie geschetst (zie onderstaande figuur) waarbij de belangrijkste bevinding is dat er geen schade aan gebouwen ontstaat wanneer het waterniveau in de bodem met minder dan 200 mm daalt.

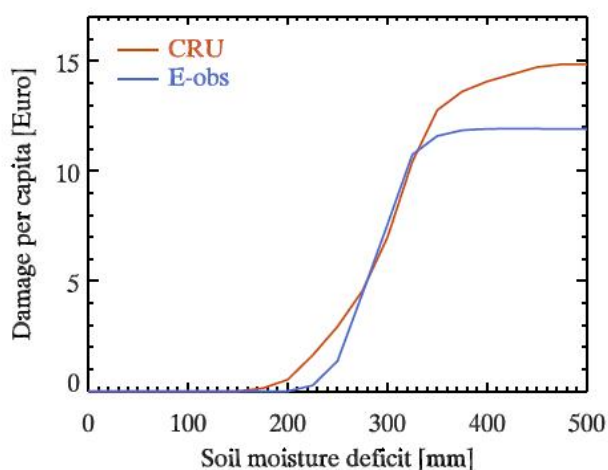


Fig. 3. Optimal vulnerability curves used to translate the soil moisture deficit to the damage per inhabitant for the simulations driven by CRU and E-obs meteorological data.

Bron: Corti et al. (2009). CRU en E-obs zijn de namen van de twee door Corti e al. toegepaste datasets: CRU (Mtehell en Jones, 2005); E-obs (Haylock et al., 2008)

Swiss Re (Swiss Re, 2011) past het model van Corti et al. toe en onderzoekt hoe de hoeveelheid schade aan vastgoed, ontstaan door bodemverzakking door droogte, over verschillende decennia is toegenomen. In Frankrijk bijvoorbeeld, zijn de kosten door bodemverzakking met meer dan 50% toegenomen binnen twee decennia. De gemiddelde jaarlijkse kosten voor regio's die door de droogten worden getroffen zijn nu gelijk aan circa 340 miljoen Euro per jaar. Tijdens en na de hittegolf van 2003 in Frankrijk is voor circa 1,1 miljard Euro aan schadeclaims ingediend bij verzekeringsmaatschappijen.

De beschreven methode is mogelijk toepasbaar in Nederland voor funderingen op staal.





## Bijlage D: Lijst van maatregelen

Per maatregel zijn in de navolgende tabellen de volgende kenmerken beschreven:

Beschrijving van de maatregel	Een korte algemene beschrijving van de werking van de maatregel.
Toepassingsmogelijkheden	Nieuwbouw, Herstructurering, Bestaande situatie. Dit kenmerk geeft aan in welke situatie een maatregel geïmplementeerd kan worden en relevant is.
Toepassingsgebied	Laag Nederland, Hoog Nederland. Laag Nederland wordt hierbij gekenmerkt door ondiepe grondwaterstand, kleiig-veenige ondergrond en intensieve drainage. Hoog Nederland wordt hierbij gekenmerkt door diepe grondwaterstand, veelal zandige ondergrond en extensieve drainage.
Schaalniveau	Gebouw, Straat, Wijk, Stad. Hiermee wordt het schaalniveau aangegeven waarop de maatregel geïmplementeerd wordt en effectief is.
Schademechanisme	Dit is het schademechanisme zoals onderscheiden in deze rapportage, waarbij is aangegeven of de genoemde maatregel effectief is voor het desbetreffende schademechanisme.

Maatregel	Beschrijving van de maatregel	Toepassing bij	Toepassing in	Stedelijk groen, ecologie en recreatie	Grond- en oppervlaktewaterpeil	Wateroverschotten	Volkegezondheid
<b>Waterkwaliteit</b>							
Peltopzet	Langzaam verhogen van oppervlaktewaterpeil leidt tot verhogen van grondwaterstand	x	wijk	Schade aan recreatie door verminderde waterkwaliteit a.g.v. weterkorf.	x	Schade aan gebouwen en roerende goederen door water op straat	Evolutionaire volkegezondheid door verminderde waterkwaliteit
Pelbesluit (verlagen waterpeil)	Verlagen van het waterpeil zorgt voor een grotere waterberging bij extreme neerslag.	x	wijk	Schade aan groen en ecologie door droogteschade aan groen	x	Schade aan houten vloeren, metsel- en stucwerk in gebouwen	
Flexibel peil	Het oppervlaktewaterpeil volgt binnen bepaalde marges het natuurlijk verloop van neerslag en verdamping; hierdoor kan een buffer gecreëerd worden.	x	wijk	Verlagings woningwaarde door verminderde waterkwaliteit a.g.v. weterkorf.	x	Schade aan panden met kelders op wijkzand in de opwaartse waterdruk onder de hundering	
Dynamisch peilbeheer	Door actief vooraf sturen op watervraag en -overschot verbeteren van de peilmanipulering	x	stad	Schade aan groen en ecologie door brand a.g.v. weterkorf.	x	Schade aan (vroom)schepen en drijvende woningen door droogvallen van waterlopen	
Grondwaterpeilgestuurde drainage	Door drainage op grondwaterpeil te sturen kan grondwateroverlast en -onderlast worden voorkomen.	x	wijk	Natgeschade aan groen in tuinen en parken	x	Schade aan (vroom)schepen en drijvende woningen door droogvallen van waterlopen	
Beprieken inlaet gebiedsvreemd water	Door het zoeken naar interne bronnen en wateroverschotten in het systeem te bergem, voorkomen of verminderen van waterinlaat (met een slechtere kwaliteit) in droge tijden	x	stad	Schade aan recreatie door verminderde waterkwaliteit a.g.v. weterkorf.	x	Schade aan (vroom)schepen en drijvende woningen door droogvallen van waterlopen	
Van sneld stroom: verminderen hydraulische knelpunten	Het verminderen van hydraulische knelpunten vermindert de kans op inundatie en verhoogt de bergingscapaciteit van het poldersysteem	x	stad	Schade aan groen en ecologie door brand a.g.v. weterkorf.	x	Schade aan (vroom)schepen en drijvende woningen door droogvallen van waterlopen	
Beprieken grondwateronttrekkingen	Grondwateronttrekkingen (afhankelijk van de diepte daarvan) verlagen de freatische grondwaterstand en verminderen de toestroom van kwelrichting het oppervlaktewatersysteem	x	stad	Schade aan groen en ecologie door brand a.g.v. weterkorf.	x	Schade aan (vroom)schepen en drijvende woningen door droogvallen van waterlopen	
Seizoensberging	Dit is een bergingslocatie voor water voor gebruik in droge perioden.	x	wijk	Schade aan groen en ecologie door brand a.g.v. weterkorf.	x	Schade aan (vroom)schepen en drijvende woningen door droogvallen van waterlopen	
Waterbufferslopen water aanleggen	In het extra oppervlakte water kan meer water worden geborgen. Tevens neemt de verdamping toe en daarmee de luchttemperatuur af	x	wijk	Schade aan groen en ecologie door brand a.g.v. weterkorf.	x	Schade aan (vroom)schepen en drijvende woningen door droogvallen van waterlopen	
Zoetwateraanvoer via alternatieve/nieuwe routes	Water aanvoer vanuit andere oppervlaktewaterlichamen, zoals rivieren en het IJsselmeer, dieper grondwater en het zoete effluent van waterzuiveringen.	x	stad	Schade aan groen en ecologie door brand a.g.v. weterkorf.	x	Schade aan (vroom)schepen en drijvende woningen door droogvallen van waterlopen	
Kleibanden	Kleibanden zorgen ervoor dat grondwater wordt vastgehouden	x	straat	Schade aan recreatie door verminderde waterkwaliteit a.g.v. weterkorf.	x	Schade aan (vroom)schepen en drijvende woningen door droogvallen van waterlopen	
Dempen van sloten	Het dempen van sloten zorgt voor wijzigingen in de grondwaterstand en vermindering van waterberging.	x	wijk	Schade aan groen en ecologie door droogteschade aan groen	x	Schade aan (vroom)schepen en drijvende woningen door droogvallen van waterlopen	
Compartmentering	Door compartimentering van het watersysteem kan lokaal gestuurd worden op wenselijke grondwater en oppervlaktewaterstanden	x	wijk	Schade aan groen en ecologie door droogteschade aan groen	x	Schade aan (vroom)schepen en drijvende woningen door droogvallen van waterlopen	









Maatregel	Beschrijving van de maatregel	Toepassing bij	Schaalniveau (gebouw, straat, wijk, stad)	Toepassing in	Stedelijk groen, ecologie en recreatie	Grond- en oppervlaktewaterpeil	Wateroverschotten	Volkegezondheid	
		Nieuwbouw		Laag Nederland	Verlaging woningwaarde door vermindering wettelijk a.g.v. waterkort.	Ongeïmmuniteit van bodemvochtgehaltes laag grondwaterstanden en/of schuurvorming in bebouwing a.g.v. te lage grondwaterstanden en/of schuurvorming in stedelijke infrastructuur a.g.v. te lage grondwaterstanden en/of bodemvochtgehaltes	Schade aan panden met ketters op staal gekundeerd of op trekpalen, a.g.v. wijziging in de opwaartse waterdruk onder de fundering	Schade aan gebouwen en roerende stucwerk in gebouwen	
<b>Koelmaatregelen</b>									
Koelen van oppervlaktewater	Door gebruik te maken van warmte uit oppervlakte water voor het regenereren van WKO systemen, wordt het oppervlaktewater gekoeld en circulatie bevordert.	X	wijk	X	Schade aan groen en ecologie door brand a.g.v. waterkort.			X	
Aanplanten natolerante soorten	Het aanplanten van vegetatie die aangepast is aan natte omstandigheden wordt sterfte in natte periodes voorkomen.	X	straat	X				X	
Besproeien openbaar groen	Irrigatie van bomen voorkomt droogstress aan vegetatie en verhoogt de verdamping en zorgt daardoor voor een lagere luchttemperatuur.	X	wijk	X				X	
Besproeien wegen	Het verdampen van water op wegen zorgt voor een daling van de luchttemperatuur.	X	wijk	X				X	
Grasvelden	Parken zorgen verkoeling door verdamping en infiltratie van neerslag.	X	straat	X				X	
Aanleg parken	Parken zorgen verkoeling in de stad en kunnen gebruikt worden voor het bergen van neerslag.	X	wijk	X				X	
Planten straatbomen	Bomen zorgen voor verkoeling door verdamping en beschaduwing.	X	straat	X				X	
Koeling door oppervlaktewater	De verdamping van oppervlakte water zorgt voor een afname van de luchttemperatuur.	X	wijk	X				X	
Groen langs wegen	Groen langs wegen zorgt voor verkoeling en infiltratie mogelijkheden	X	straat	X				X	
Vernevelaars	Verneveld water koelt af door dat het verdampt.	X	straat	X				X	
Tijdelijke natuur op braakliggende terreinen	Vegetatie verkoeling door verdamping en infiltratie van neerslag.	X	straat	X				X	
Verticaal groen	Vegetatie zorgt voor verkoeling door verdamping.	X	gebouw	X				X	
Warmte- en koude opslag (WKO) in de bodem	Koeling met behulp van WKO zorgt voor een lagere luchttemperatuur.	X	gebouw	X				X	

