

Effecten van het waterbeheer in stedelijk gebied

Aanzet tot een afwegingssysteem

C.C.M. Braat
ir. J.C. Landwehr
ing. J.W.M. Lambert

Titel

Effecten van het waterbeheer in stedelijk gebied

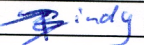


Opdrachtgever
Delft Cluster**Project**
1001126-004**Kenmerk**
1001126-004-GEO-0001**Pagina's**
78**Samenvatting**

Grondwaterstandsveranderingen brengen knelpunten en kansen met zich mee. Om een betere globale inschatting te kunnen maken zal een effectenanalyse methode hulp bieden. In dit rapport is een

effectenanalysemethode uitgedacht voor grondwaterstandsverandering.

Het doel van deze studie is het geven van een aanzet en richting voor het uitwerken van een effecten afwegingsinstrument voor steden binnen Nederland dat gekoppeld kan worden aan de uitkomsten van hydrologische modellen. Hiermee kunnen de effecten van een ingreep of verandering in het waterbeheer objectief worden gewaardeerd en kunnen alternatieve beheersscenario's en maatregelen worden afgewogen.

In het kort wordt er gedacht aan parameters en parameterranges in te voeren in formules in een GIS systeem op het gebied van waterkwaliteit, waterafvoer, gebouwen, infrastructuur en onverharde oppervlak. Aan de hand van deze formules wordt de verandering in genormeerde waarde, natuurwaarde, cultuurwaarde en financiële waarde (om eventuele negatieve effecten te verhelpen), bij een maximaal en minimaal effect op het gebied van waterkwaliteit, waterafvoer, gebouwen, infrastructuur, onverharde oppervlak en al deze aspecten gezamenlijk geplot in 2D GIS kaarten.

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
01	2009-04-22	C.C.M. Braat		ing. J.W.M. Lambert		ing. M. Hutteman	

Status
definitief

Inhoud

Lijst van Tabellen	i
Lijst van Figuren	ii
1 Inleiding	5
1.1 Ontstaan stedelijke gebieden	5
1.2 Aanleiding tot het onderzoek	7
1.3 Belang van het onderzoek	7
1.4 Doel	8
1.5 Onderzoeksvragen	8
1.6 Werkwijze	8
1.7 Afbakening	9
2 Huidige situatie	10
2.1 Bodem overzicht	10
2.2 Huidige problemen	11
3 Oorzaken en effecten bij grondwaterstands- verandering	23
3.1 Oorzaken	23
3.2 Effecten	23
3.2.1 Waterstandsverhoging	24
3.2.2 Waterstandsverlaging	24
4 Voorbeeld methodiek voor zettingsschade door grondwaterstandsverlaging	27
5 Uitgedacht instrumentarium	36
5.1 Eerste aanzet van verbanden binnen stedelijk waterbeheer	36
5.2 Mogelijk ontwerp	40
5.2.1 Input	40
5.2.2 Systeem	41
5.2.3 Output	41
6 Conclusie	43
7 Discussie	45
8 Aanbevelingen	47
9 Suggesties	49
Literatuurlijst	51

Bijlage(n)	
A Gesprekken Gemeentes	53
A.1 Gemeente Delft	53
A.2 Gemeente Dordrecht	61
A.3 Gemeente Maastricht	75
B Extra suggesties	84
C Verhelpen en verkomen van schade	85
C.1 Verhelpen	85
C.2 Voorkomen	85
D Interview intern Deltares: Bouwrijp maken	88

Lijst van Tabellen

Tabel A.1	Gegevens situatie nu in delft naar de opinie van de Gemeente Delft met de waarde die er aan gehecht wordt door de gemeente Delft. Xh wordt veel waarde aan gehecht. XI wordt weinig waarde aan gehecht door de gemeente Delft	58
Tabel A.2	Gegevens situatie nu in Dordrecht naar de opinie van de Gemeente Dordrecht met de waarde die er aan gehecht wordt door de gemeente Dordrecht en bij verandering van de grondwaterstand (gws).	71
Tabel A.3	Gegevens situatie nu in Maastricht naar de opinie van de gemeente Maastricht met de waarde die er aan gehecht wordt door de gemeente Maastricht.	83

Lijst van Figuren

Figuur 2.1	Globale bodemopbouw in de onderzochte stedelijke gebieden aan de hand van boringgegevens van Dino-loket	10
Figuur 5.1	Schema met verbanden tussen parameters die een effect kunnen veroorzaken in combinatie met een waterstandverhoging of verlaging in een stad. Dit is een voorbeeld van hoe het in elkaar lijkt te zitten en een aanzet voor verder onderzoek	37
Figuur 5.2	Type fundering en bouwperiode Delft en Rijswijk, GeoDelft , De auteursrechten en databankrechten zijn voorbehouden aan de Topografische Dienst Kadaster, Emmen, 2007, 2007-07-30 (ref 2a, pg. 64), (ref 2b, pg. 171)	41
Figuur 5.3	Dikte zand pakket omgeving Delft, bron: ondergrondmodel TNO, 14-6-2007	42
Figuur A.1	Op houten palen gefundeerde huis en op staal gefundeerde huis in dezelfde straat vroeger en voor het aanbrengen van een kleiwand. Zetting treedt op in de tijd en zakking van de grondwaterspiegel. En het huis op staal zakt tot de grondwaterspiegel en de houten fundering van het andere huis komt boven de grondwaterspiegel uit.	64
Figuur A.2	Ter voorkoming van het rotten van de palen wordt een kleiwand geplaatst en wordt in beide gevallen de grondwaterstand lokaal aangepast aan de funderingen.	65
Figuur A.3	Huizen in Dordrecht met verschillende funderingstypen naast elkaar in de straat met verschillende zakking na verloop van tijd. De verhoging naar de voordeur bij het huis op palen is ontstaan doordat het huis niet is meegezakt met het maaiveld. Bron: Gemeente Dordrecht.	72
Figuur A.4	Huizen in Dordrecht met verschillende funderingstypen naast elkaar in de straat met verschillende zakking na verloop van tijd. De verhoging naar de voordeur bij het huis op palen is ontstaan doordat het huis niet is meegezakt met het maaiveld. Bron: Gemeente Dordrecht.	73
Figuur A.5	Huizen in Dordrecht met verschillende funderingstypen naast elkaar in de straat met verschillende zakking na verloop van tijd. De verhoging naar de voordeur bij het huis op palen is ontstaan doordat het huis niet is meegezakt met het maaiveld. Bron: Gemeente Dordrecht.	74
Figuur A.6	Schets dwarsdoorsnede van west naar oost-Maastricht met carboonwater	77
Figuur A.7	Schets dwars doorsnede van noordwest naar zuidoost vanuit de Maas in Maastricht naar het Savelsbos	78
Figuur D.1	Dryproof (links) en Wetproof (rechts)	89

Figuur D.2 Visuele toelichting van dry-proof (rechts) en wet-proof (links) huis	90
Figuur D.3 Amfibische woning	91
Figuur D.4 Ophoging met lichtgewicht materiaal op slappe lagen bij wegen(lijninfrastructuur)	92

1 Inleiding

1.1 Ontstaan stedelijke gebieden

Tot de vroege Middeleeuwen was het Deltagebied van Rijn, Maas en Schelde nagenoeg ongeschikt voor bewoning. Permanente nederzettingen ontstonden slechts daar waar men redelijk veilig was voor de zee, zoals in de duinen en hier en daar op natuurlijke zandruggen. Voor het overige bestond de bewoning voornamelijk uit rondtrekkende herders en jagers. Wie zich in het schorregebied waagde trok zich met vee en huisraad terug op terpen en wierden wanneer hoge waterstanden daartoe aanleiding gaven.

Pas nadat monniken en later ook particulieren zich gingen toeleggen op de dijkenbouw en kunstmatige landaanwinning ontstond er een situatie waarbij een meer permanente bewoning van grote delen van het Deltagebied mogelijk werd. Het ging hierbij voornamelijk om bedijkt opgewassen land, dat dus gemiddeld wel enigszins boven de zeespiegel was gelegen.

Naast het intensieve landgebruik voor agrarische doeleinden bleken deze lage landen ook een aantrekkelijk vestigingsgebied voor zeehavens (bv. Brugge, Gent, Antwerpen en later Amsterdam, Rotterdam, maar ook vele kleinere steden langs de Zeeuwse en voormalige Zuiderzeekust). Deze havens vormden de kern van vele handelsactiviteiten en waren zodoende aantrekkelijke vestigingsplaatsen. Nagenoeg alle steden in het westen van Nederland vinden dan ook hun oorsprong in de scheepvaart en (transito)handel.

Tot ongeveer de 17^e eeuw was de bescherming door dijken nogal betrekkelijk. Overstromingen kwamen regelmatig voor; de kwaliteit van de beschermende dijken was lang niet altijd voldoende en het beheer was versnipperd. Bovendien traden er perioden op met meer dan gemiddelde zeespiegelstijging, de zogenaamde transgressies. Het veiligheidsniveau van stad noch platteland lag zodoende op het niveau zoals we dat nu kennen.

Vanaf ongeveer de 17^e eeuw werd het ook mogelijk om, in eerste instantie door middel van windmolens, de vele binnenmeren zoals die voornamelijk in Noord-Holland voorkwamen, droog te leggen. Deze binnenmeren waren in veel gevallen ontstaan door veenwinning en hadden daardoor soms een bodemdiepte van meerdere meters beneden de zeespiegel. Dit zijn de maaiveldhoogten zoals die bijvoorbeeld voorkomen in de droogmakerijen zoals de Haarlemmermeer, Schermer enz. In deze droogmakerijen werd aanvankelijk vooral land- en tuinbouw bedreven, maar in de loop der jaren vond ook hier verstedelijking plaats. Als gevolg van de industriële revolutie in de 19^e eeuw ontstonden, in relatie tot de havens ook arbeidsintensieve industrieën, waardoor steden vaak explosief groeiden. Door verbetering van de vervoersmogelijkheden (trein, later auto) werd het voor mensen ook mogelijk op grotere afstanden van de (haven)stad te wonen. Plaatsen als Amstelveen, Hoofddorp en later ook Purmerend en Zoetermeer verstedelijkten in de 20^e eeuw. Omdat de droogmakerijen aanzienlijk dieper gelegen zijn dan de zeespiegel, groeide ook de noodzaak voor een betere beveiliging. Hiervoor namen de technische middelen ook toe door de toepassing van stoom en later elektriciteit konden bijvoorbeeld betere en zwaardere dijken worden gemaakt en was

men – voor het lozen van overtollig water – niet meer alleen afhankelijk van windkracht. Met de aanleg van de Afsluitdijk was

Steden bevonden zich zodoende in Nederland oorspronkelijk aan de oever van de zee of van rivieren. De maaiveldhoogte van de stadskernen bevond zich meestal iets boven de zeespiegel en was, waar mogelijk, op zand gefundeerd. Deze zandige ondergronden bestrijken in het algemeen maar een beperkte oppervlakte; latere uitbreidingen (vanaf de 17^e eeuw) moesten daardoor vaak noodgedwongen op minder geschikte, minder draagkrachtige, ondergrond plaatsvinden. (zie bv. Archeologische Kaart van 's-Gravenhage).

Intensieve bebouwing en verstedelijking in de droogmakerijen vindt pas sinds de 20^e eeuw plaats.

We zien zodoende in de tijd dat steden zijn ontstaan op die locaties die voor bewoning het meest geschikt waren; in de tijd werden steeds grotere gebieden geschikt gemaakt voor bebouwing maar vond verstedelijking in toenemende mate plaats in die gebieden die daar qua ondergrond steeds minder geschikt voor werden als gevolg van hoge waterstanden en zettinggevoelige ondergrond. Dit is bijvoorbeeld voor een aantal Vinex-wijken het geval. Uiteindelijk leidt dit er toe dat momenteel stedelijke uitbreidingsplannen worden geformuleerd voor gebieden die – naar de huidige maatstaven – eigenlijk niet geschikt zijn voor bewoning.

Discussie

Eenzijds zien we dat bebouwing en infrastructuur van de oudste stedelijke gebieden in Nederland hebben plaatsgevonden daar waar dit uit technisch oogpunt het meest aantrekkelijk was. Veel van deze steden bezitten nog eeuwenoude structuren en bebouwing die uit historisch oogpunt waardevol is. Deze bebouwing is in veel gevallen minder goed gefundeerd en kan zodoende vaak weinig zettingen verdragen. Ook veranderingen in de structuren stuiten op veel weerstand.

Latere uitbreidingen zijn uit historisch oogpunt vaak minder interessant en daardoor zullen veranderingen en aanpassingen van structuren soms beter aanvaard worden, met name wanneer de bebouwingsdichtheid niet al te hoog is.

Sinds het gangbaar worden van betonnen paalfunderingen is – uit het oogpunt van gebouwschade – de noodzaak tot het handhaven van een bepaalde grondwaterstand minder belangrijk. Er zijn echter nog legio andere belangen die er toe leiden dat wijzigingen in het waterbeheer aanleiding geven tot klachten. Te meer omdat deze uitbreidingen veelal hebben plaatsgevonden daar waar men oorspronkelijk van bouwactiviteiten heeft afgezien uit het oogpunt van moeilijke geotechnische en hydrologische omstandigheden.

Conclusie

Zoals het er vooralsnog uitziet zal de komende decennia veel stadsuitbreidingen plaatsvinden in laaggelegen gebieden met slappe bodems. Gebieden die naar traditionele maatstaven niet in aanmerking komen voor bebouwing.

In deze gebieden moet er rekening mee worden gehouden dat – mede als gevolg van klimaatverandering – perioden met wateroverlast onvermijdelijk zijn. Door middel van 'slim

inrichten' moet worden voorkomen dat het leven en wonen in deze stedelijke gebieden van de toekomst van inferieure kwaliteit zal zijn.

Bij het bedenken van de toekomstige ontwikkelingen is het in de eerste plaats van belang om een idee te ontwikkelen met betrekking tot de huidige toestand. Vervolgens de invloed van een aantal 'autonome ontwikkelingen' te beschouwen en daarbij te kijken hoe die hun weerslag hebben in het huidige stedelijke gebied. We doen dat aan de hand van enkele cases in verschillende stedelijke situaties. Vervolgens wordt bekeken in hoeverre deze ontwikkelingen tot overlast zullen leiden bij grondwaterstandsverandering.

Kortom: welke grenzen ambiëren we en tot welke zijn we in staat.

In dit rapport is een aanzet gegeven tot een afwegingssysteem voor stedelijk waterbeheer om deze beslissing beter te kunnen afwegen.

1.2 Aanleiding tot het onderzoek

Binnen het Delft Cluster project "integraal stedelijk water" zijn een vijftal workpackages gedefinieerd:

1. Integrale modellering.
2. Effectanalyse.
3. Integreerende pilot: Grondwaterstad.
4. Integreerende pilot: Hoogwaterstad.
5. Praktijkstad Delft.

In voorliggend onderzoek is een gedeelte uitgewerkt van de effectanalyse van het integraal stedelijk water project. Deze effecten analyse is ook een onderdeel van dit project.

Een belangrijke aanleiding om voorliggend onderzoek uit te voeren is het volgende: in het kader van het DC onderzoek wordt een belangrijke stap gezet in het begrijpen en modelleren van de samenhangende processen die leiden tot (verandering in) de waterstand en kwaliteit van grond- en oppervlakte water. Hierdoor wordt het beter mogelijk om de gevolgen van klimaatsverandering en/of menselijk ingrijpen op de hele watercyclus te voorspellen. Doordat we beter kunnen voorspellen krijgen we meer keuzemogelijkheden. Echter het streven om de optimale keuze te kunnen maken vereist een transparante methode om de effecten van de verschillende keuze mogelijkheden ten opzichte van elkaar af te wegen.

1.3 Belang van het onderzoek

Om grond/oppervlaktewater te kunnen beheren in stedelijk gebied is het noodzakelijk te weten wat de effecten zijn van een verandering die mogelijk doorgevoerd gaat worden. Zo kunnen de juiste besluiten genomen worden voor verandering in het waterbeheersysteem om een zo optimaal mogelijk waterbeheersysteem te verkrijgen. Daarom is het belangrijk dat een effecteninstrumentarium wordt uitgedacht die kan worden gekoppeld aan de uitkomsten van grondwatermodellen voor steden binnen Nederland.

1.4 Doel

Het doel van deze studie is het geven van een aanzet en richting voor het uitwerken van een effecten afwegingsinstrument voor steden binnen Nederland die gekoppeld kunnen worden aan de uitkomsten van grondwatermodellen waarmee de hydrologische toestand van een stad (of deel daarvan) objectief kan worden gewaardeerd en waarmee alternatieve beheersscenario's en maatregelen kunnen worden afgewogen.

1.5 Onderzoeksvragen

Voordat een schade-instrument gemaakt kan worden zullen eerst de volgende vragen beantwoord moeten worden:

Huidige situatie:

- Hoe is de huidige situatie op het gebied van waterhuishouding en bodem (zettinggevoeligheid) in steden in Nederland en welke zaken zijn hier bij van invloed?

Oorzaken:

- Wat zijn de oorzaken van verandering van de grondwaterhuishouding?

Effecten:

- Wat zijn de effecten van verandering van de grondwaterhuishouding en welke waarde wordt daar aan gehecht door de waterbeheerders?

Afwegingsmodel:

- Hoe kun je de schade van deze effecten systematisch in kaart brengen?

1.6 Werkwijze

Er is voor dit project van 9 steden in Nederland (Apeldoorn, Assen, Delft, Dordrecht, Den Helder, 's-Hertogenbosch, Maastricht, Middelburg, Noord-Amsterdam) de grond/oppervlaktewaterproblematiek bestudeert door literatuur onderzoek.

De bodem opbouw van de eerste 20 meter beneden maaiveld van de 9 bestudeerde steden is onderzocht aan de hand van de Dinoloket gegevens. Van deze negen steden is een globaal bodemprofiel op gesteld.

De huidige situatie in deze 9 steden is per stedelijk gebied samengevat.

In dit rapport is door middel van gesprekken met stedelijke waterbeheerders van Delft, Dordrecht en Maastricht inzicht verkregen in de effecten die samenhangen met het waterbeheer en hoe relevant veranderingen daarin zijn.

Er wordt een suggestie gedaan met welke tools een instrumentarium kan worden geconstrueerd waarbij grond/oppervlaktewatermodellen gekoppeld kunnen worden aan effecten afwegingsmodellen. Hierbij wordt gedacht aan een vergelijkbaar systeem als in het rapport van Rijkswaterstaat: 'Selectie gids objecten Hoorn waarmee zettingsschade door

grondwaterstandsverlaging kan worden gesignaleerd, beschrijving Methodiek', 1995, te koppelen aan het grond/oppervlaktewatermodel.' (ref 3).

Over dit geheel is er een conclusie, discussie en aanbevelingen aan het eind te vinden.

1.7 Afbakening

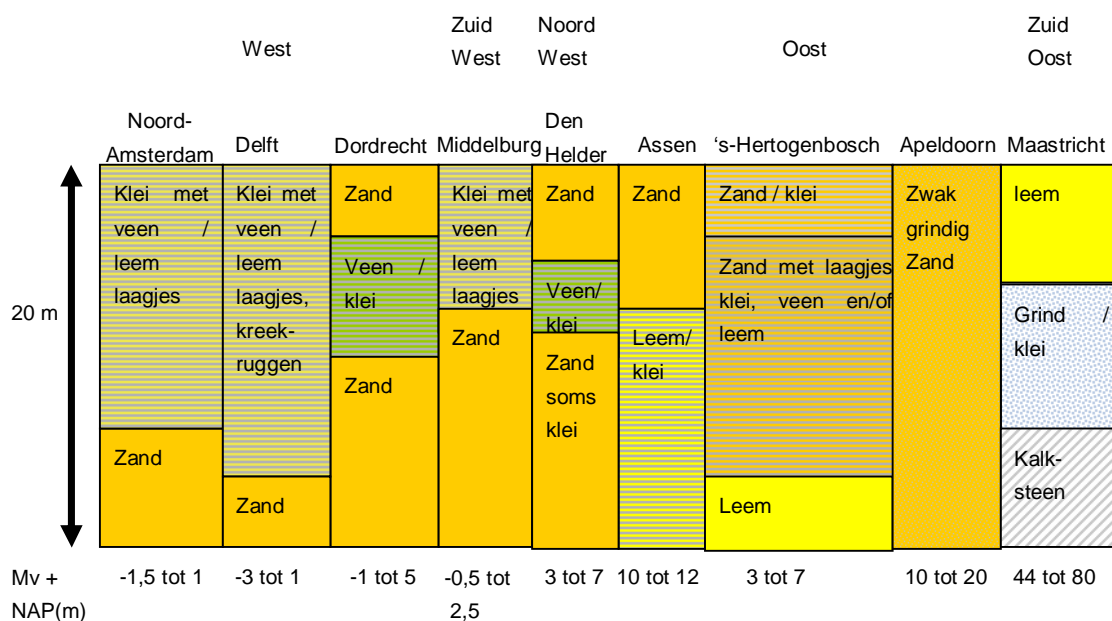
Het onderzoek vindt alleen plaats in Nederlands stedelijk gebied. De gebiedskarakteristieke indeling is gebaseerd op de geologische opbouw van de bovenste 20 meter.

2 Huidige situatie

Door het raadplegen van een aantal Provinciale, Gemeentelijke en Waterschaps-waterplannen (Dordrecht, Den Helder, Assen, Maastricht, 's-Hertogenbosch, Apeldoorn, Noord Amsterdam, Middelburg en Delft) en het voeren van gesprekken met verschillende gemeenten (Dordrecht, Delft en Maastricht) is een algemeen beeld ontstaan van de problematiek die samenhangt met stedelijk waterbeheer. De interviews zijn te vinden in bijlage A.1 Gemeente Delft, A.2 Gemeente Dordrecht en A.3 gemeente Maastricht.

2.1 Bodem overzicht

Van de onderzochte steden is een globaal bodem overzicht opgesteld van de eerste 20 meter beneden maaiveld aan de hand van boringen in de bepaalde stad uit Dino-loket. (Figuur 2.1) De willekeurig uitgezochte steden zijn ingedeeld in westelijk, zuidwestelijk, noordwestelijk, oostelijk en zuidoostelijk stedelijk gebied.



Figuur 2.1 Globale bodemopbouw in de onderzochte stedelijke gebieden aan de hand van boringgegevens van Dino-loket

Bestudeerde steden uit westelijk Nederland

In Amsterdam-Noord bestaat de eerste 13 meter bodem beneden maaiveld globaal genomen uit klei en leem met veenlaagjes en de volgende 7 meter uit zand. In Delft bestaat de eerste 13 meter bodem beneden maaiveld globaal genomen uit klei met leem, zand en veenlaagjes en de volgende 4 meter uit zand. In sommige delen van Delft komen er ook kreekruigen voor. In Dordrecht bestaat de eerste 2 meter bodem beneden maaiveld globaal genomen uit

Effecten van het waterbeheer in stedelijk gebied

Effecten van het waterbeheer in stedelijk gebied

zand en de volgende 10 meter uit veen en klei lagen. Vanaf 12 m onder maaiveld tot 20 meter onder maaiveld bestaat de bodem globaal uit zand.

Bestudeerde stad uit zuidwestelijk Nederland

In Middelburg bestaat de eerste 8 meter bodem beneden maaiveld globaal genomen uit klei met leem en soms dunne laagjesveen. Tussen de -7 en -19 bestaat de bodem globaal uit zand.

Bestudeerde stad uit noordwestelijk Nederland

In Den Helder bestaat de eerste drie meter beneden maaiveld globaal uit zand. De volgende 5 meter uit klei met veen lagen en tussen de -5 meter NAP en de - 17 meter NAP is er een grote kans op zand en een kleinere kans op klei.

Bestudeerde stad uit zuidoostelijk Nederland

In Maastricht bestaat globaal de eerste 5 meter uit leem, de volgende twee meter uit grind en tussen de 43 meter boven NAP en de 30 meter boven NAP bevat de bodem klei of kalksteen.

Bestudeerde steden uit oostelijk Nederland

In Assen bestaat globaal de eerste 2 meter uit zand, de volgende 18 meter uit klei en/of leem. In Apeldoorn is de eerst 20 m globaal zwak grindig. In 's-Hertogenbosch bestaat de eerste 3 meter uit zand en klei. De volgende 15 meter bestaat uit zand met laagjes klei of veen en de laatste twee meter uit leem.

2.2 Huidige problemen

Er zijn een beperkt aantal waterplannen bestudeerd en er zijn drie interviews afgenomen bij gemeenten. Hieruit is een algemeen beeld geschetst in deze paragraaf van de huidige problemen in westelijk, zuidoostelijk, oostelijk, zuidwestelijk en noordwestelijk stedelijk gebied. Per Nederlands stedelijk gebied is één tot drie steden bestudeerd. **Het westelijk stedelijk gebied is gebaseerd op de waterplannen van de gemeente Amsterdam-Noord (ref 5 en 14) , Dordrecht (ref 9 en 10) en Delft (ref 13) en een interview met de gemeente Delft en Dordrecht. Het zuidoostelijk stedelijk gebied is gebaseerd op de waterplannen en interviews van de gemeente Maastricht (ref 11). Oostelijk stedelijk is gebaseerd op waterplannen van 's-Hertogenbosch (ref 4), Apeldoorn (ref 6) en Assen (ref 7). Zuidwestelijk stedelijk gebied is gebaseerd op het waterplan van Middelburg (ref 12) en Noordwestelijk stedelijk gebied is gebaseerd op het water plan van Den Helder (ref 8).** Doordat per stedelijk gebied maar een beperkt aantal plannen zijn bestudeerd kunnen individuele gemeenten daardoor van het hier algemeen geschetste beeld afwijken.

Zettingen

In het westelijk stedelijk gebied van Nederland (Dit westelijk stedelijke gebied is gebaseerd op Dordrecht, Amsterdam-Noord en Delft) treden ongelijkmatige zettingen op die schade aan gebouwen, leidingen en infrastructuur veroorzaken, door een heterogene bodem. De heterogeniteit wordt versterkt door puin in de bodem. De zetting wordt versterkt door illegale onttrekkingen waarbij de grondwaterstand verlaagd wordt en hierbij extra inklinking van de

bodem optreed om bijvoorbeeld kelders droog te houden. Tevens vindt er in de binnenstad steeds meer bestrating en beplanting plaats en het afvoeren van hemelwater gaat via een apart afvoerstelsel, waardoor de grondwaterstand daalt en zo extra zetting oplevert. In de binnenstad heeft men minderlast van restzettingen vanwege voormalige zettingen in dit gebied.

In deze studie is het zuidoostelijk stedelijkgebied gebaseerd op een interview en het waterplan van de gemeente Maastricht. In het zuidoosten van Nederland (bv. Maastricht) heeft men geen noemswaardige gevolgen van zettingen, maar wel van aardbevingen en karst verschijnselen: leem/kalksteen lost op door zure regen (of chemische reacties waarbij zuur ontstaat) en er ontstaan holten in het bovenste gedeelte van het kalksteen.

In oostelijke stedelijk gebied (bv. 's-Hertogenbosch, Apeldoorn en Assen) treden er minder zettingen op dan in het westen van het land, omdat hier de bodem vooral uit zand bestaat.

In zuidwestelijk (bv. Middelburg) en noordwestelijk (bv. Den Helder) stedelijk gebied treden minder zettingen van gebouwen op dan in het westen.

Paalrot

In het westelijk stedelijk gebied zijn er een groot aantal huizen in bepaalde wijken op houten palen gefundeerd. Deze huizen ondervinden schade, omdat in de tijd in sommige gebieden de grondwaterstand is gedaald. Wanneer een gedeelte van de paal boven water komt gaat de paal rotten. Hierdoor kan het huis gaan verzakken/ scheef zakken en/of scheuren.

In het zuidoosten, oosten, noordwesten en zuidwesten van Nederland zijn huizen nauwelijks/niet op houten palen gefundeerd.

Grondwater/oppervlakte water overlast

In het westelijk stedelijk gebied in Nederland is er in binnensteden wateroverlast in kruipruimtes en door optrekkend vocht in muren van huizen. Tevens vindt bij hevige regenval wateroverlast plaats, omdat het rioolstelsel berekend is op de gemiddelde regenval en niet op hevige buien. Onverharde oppervlakken zijn soms/tijdelijk drassig door te hoge grondwaterstand, toenemende regenval, slecht doorlatende bodem en slechte afvoer bij hevige regenval. Het rioleringsstelsel in sommige steden in het westen zorgt voor een goede afvoer van afval- en hemelwater en veroorzaakt zo geen wateroverlast in het grond- en oppervlaktewater. Tevens vindt er door te hoge grondwaterstand soms opvriezen plaats van wegen in de winter.

In Maastricht treedt wateroverlast in kruipruimte en kelders op in de laag gelegen gebieden op het moment dat de waterstand in de Maas zeer hoog is. Dit wordt veroorzaakt doordat de grondwaterstand in het grindpakket aan de oever van de Maas zeer snel mee fluctueert met de waterstand in de Maas. Er kan overstroming plaats vinden in bewoond gebied. De oorzaak hiervoor is dat er onvoldoende berging voor de rivier in het stroombed is gecreëerd. Wateroverlast kan ook veroorzaakt worden door kleilenzen in de bodem die plaatselijk schijngrondwaterstand (hangwater) veroorzaakt.

In oostelijke stedelijk gebied heerst er in sommige delen van steden grote grondwater fluctuatie en of een hoge grondwaterstand, door op sommige locaties kleischotten in de bodem of door een rivier die door de stad stroomt.

Er wordt op een aantal locaties in zuidwestelijk stedelijkgebied wateroverlast ervaren. De wateroverlast wordt veroorzaakt door enerzijds grondwater en anderzijds onvoldoende afwatering.

In Noordwestelijk stedelijk gebied, treden er in sommige gebieden vocht problemen op bij huizen door een hoge grondwaterstand en staan er kruipruimtes onderwater.

Waterkwaliteit

In het westelijk stedelijk gebied van Nederland is het (grond)water en slib in een aantal watergangen verontreinigd, door overstort bij hevige regenval. Verontreiniging van oppervlakte- en grondwater vindt plaats door uitstoot van verkeer, watervogels en het natuurlijke arseen in de bodem. In mindere mate vindt verontreiniging van oppervlakte en grondwater plaats door uitloging van o.a. bouwmaterialen, die vervolgens in de grachten terecht komt en zich aan het slib hecht, dat hier mee verontreinigd wordt.

In zuid oost Nederland zijn op verscheidene plaatsen oppervlakte en grondwater verontreiniging in Maastricht. Het Maaswater is verontreinigd. In sommige gevallen bevatten kasteelvijvers verontreinigde bagger. Er zijn saneringslocaties aanwezig waar het grondwater verontreinigd is, waar o.a. DNAPL in de bodem zit door chemische wasserijen. Sommige gebieden zijn opgehoogd met mest, waardoor verontreiniging door meststoffen is ontstaan. Uitloging van bouwmaterialen vindt plaats. Ook wordt de waterkwaliteit aangetast door onkruid bestrijdingsmiddelen, en het verkeer. Oppervlakte water wordt teven verontreinigd door de uitwerpselen van schildpadden in vijvers in Maastricht. Ook komen er verontreinigde nitraatgassen van uit omliggende industrie gebieden naar Maastricht. Die dalen in en om Maastricht waardoor lucht en water vervuiling in Maastricht ontstaat.

In oostelijke stedelijk gebied zijn er in Apeldoorn veel locaties die gesaneerd worden of nog gesaneerd gaan worden. De oppervlakte water kwaliteit van het oostelijk stedelijk gebied (Apeldoorn en Assen) is daar tegenover het algemeen van goede (ecologische) kwaliteit. In 's-Hertogenbosch zijn er enkele wijken waarbij zowel het grondwater als het oppervlaktewater een slechte kwaliteit heeft, een van de redenen daarvan is overstort.

De waterkwaliteit in zuidwestelijk stedelijk gebied is in sommige steden niet voldoende, zoals Middelburg. Mogelijke invloeden hier zijn: invloed van uit landbouw gebied, nalevering uit verontreinigde bagger, emissie riolering, beheer en inrichting van oevers, materiaalgebruik en lozing van bedrijven.

De waterkwaliteit in sommige noordwestelijk stedelijke gebieden is onvoldoende, zoals in Den Helder, dit komt door dat er:

- Met verontreinigd water van meststoffen en bestrijdingsmiddelen wordt doorgespoeld
- Verontreinigde bagger
- Overstort vanuit riool.

In de tabel 2.1 is weergegeven dat er een indeling is gemaakt in west, zuidwest noordwest, oosten en zuidoost Nederlands stedelijk gebied zoals ook in de tekst hierboven is beschreven. Per stad zijn de huidige problemen met oorzaken aangegeven met een kruisje, zoals die uit de bestudeerde waterplannen en interviews blijkt. Zoals te zien is worden problemen niet alleen veroorzaakt door het watersysteem. Er spelen nog meer zaken een rol. Zo wordt bijvoorbeeld de schade aan een huis niet alleen veroorzaakt door de bodemdaling

door grondwaterstandsverlaging, maar ook als gevolg van autonome ongelijkmatige zettingen. Zo kunnen de overige zaken in combinatie met waterbeheer het effect versterken of het effecten verminderen.

Stedelijk gebied in Nederland	Westen			Zuid Westen	Noord Westen	Oosten			Zuid Oosten
Onderzochte steden	Noord-Amsterdam	Delft	Dordrecht	Middelburg	Den Helder	Assen	'S Hertogenbosch	Apeldoorn	Maas-tricht
Problemen voor bebouwing									
Zetting:									
*schade aan gebouwen Verorzaakt door:									
-heterogeniteit bodem	X	X	X						
-ongelijkmatige belasting gebouw	X		X						
-bij- en aanbouwen		X	X						
-bemaling in de omgeving		X	X						
-grondwaterstandverandering		X	X						
-aardbevingen									X
-karst verschijnsel									X
Aantasting houten funderingen, bouwelementen en overige bouwelementen:									
*schade aan gebouwen Verorzaakt door:									
-waterstand verlaging									
Waterstand verlaging te zijner tijd veroorzaakt door: extra beplanting en bestrating in de tijden en in de tijd is een apart hemelwater-afvoersysteem aangelegd	X		X						
Wateroverlast in woningen									
*water in kruipruimtes		X	X						
*lekkage kelders									
*verzakking huis									

Effecten van het waterbeheer in stedelijk gebied

Effecten van het waterbeheer in stedelijk gebied

Verorzaakt door:									
- rioleringstelsel, die bij hevige regenval niet snel het regenwater afvoert		X							
-(op kwellend) water in kelder en kruipruimtes door de hoge druk/stand van het grondwater	X	X	X						
-te laag gebouwde woningen		X							
-slecht doorlatende ondergrond		X	X						
-toename neerslag		X							
-stopzetting/afname grondwaterwinning		X							
-opstuwend water door kleischotten								X	
-illegale winning/leeg pompen lekke kelders		X							X
-stopzetting grondwaterwinning									
Zakking bodem	X								
Problemen voor infrastructuur									
Tunnels:									
*lekkage, water op wegdek									
Verorzaakt door:									
- te lage afvoer grondwater uit tunnel									
-zeer hoge grondwaterdruk door heterogene bodem									
*instabiele									

Effecten van het waterbeheer in stedelijk gebied

Effecten van het waterbeheer in stedelijk gebied

constructie									
Verorzaakt door:									
-zetting (zie oorzaken voor zetting)									
*lekkage, water op wegdek									
Verorzaakt door:									
-slechte afvoer grondwater uit tunnel									
Wegen/verharde oppervlakte:									
*opvriezen, water op de weg		X							
Verorzaakt door:									
-hoge grondwaterstand									
-slechte afvoer regenwater									
*verzakking, kanteling									
Verorzaakt door:									
-zettingen (zie oorzaken voor zetting)		X							
-ongelijkmatige zettingen		X							
Leidingen:									
*schade aan leidingen door zettingen									
Verorzaakt door:									
-zettingen	X	X	X						
Tuinen, parken, natuur en onverharde oppervlakten:									
*wateroverlast beplanting/begraafplaatsen									
*drassigheid, overstroming									
Verorzaakt door:									
-hoge grondwaterstand	X	X	X						
-kwel/ opbarsting bovenlaag				X					
-stopzetting grondwater-		X							

Effecten van het waterbeheer in stedelijk gebied

Effecten van het waterbeheer in stedelijk gebied

winning									
-toenemende regenval		X	X						
-slecht doorlatende laag		X	X			X			
-slechte afvoer bij hevige regenval			X			X			
*wateronderlast beplanting, *maaiveld verzakking *droogvallen spengbekken *cultuur-historische waarde verdwijnt Veroorzaakt door:									
-zetting			X						
-te lage grondwaterstand			X						
-grondwater-onttrekking		X							
Waterstelsels (oppervlakte water, g-rondwater en riolering):									
*grond/oppervlaktewatervervuiling *verontreinigd slib *waterkwaliteit in de binnenstad is gelijk aan dat van het boezemwater Veroorzaakt door:									
-overstort bij hevige regenval	X		X	X	X		X	X	
-water van de binnenstad in open verbinding met het boezemwater		X			X				
-micro-verontreinigd-boezemwater (verontreinigd	X	X	X	X	X				X

Effecten van het waterbeheer in stedelijk gebied

Effecten van het waterbeheer in stedelijk gebied

bagger)									
-lekkage van rioleringstelsels									
-te weinig sanering van bovenstroomlozingen en/of diep verontreinigd grondwater	X						X	X	X
-uitloging bouwmaterialen	X	X						X	X
-meststoffen					X				X
-onkruid bestrijdingsmiddelen	X			X	X			X	X
-natuurlijk arseen		X						X	
-verkeer	X	X						X	X
- watervogels/schildpadden		X	X						X
*slechte afvoer regenwater/riool water bij hevige regenval *slechte talud/kade stabiliteit *dicht slibben waterwegen *boezemwater in de stad *waterniveau in de binnenstad is gelijk aan boezemwater en fluctueert hierdoor Verorzaakt door:									
-achterstallig baggeronderhoud		X							
-te weinig capaciteit van rioleringstelsels en bufferbassins		X							
-afstromend water van terrassen bij hevige regenval		X							

Effecten van het waterbeheer in stedelijk gebied

Effecten van het waterbeheer in stedelijk gebied

-achterstallig onderhoud afvoerstelsel.	X								
-niet hoge genoeg afvoercapaciteit van gemalen		X							
-rivierwater direct in contact met grondwater									X
-te weinig ontwateringsmiddelen		X		X	X				
-te lage of te weinig waterkeringen		X							
-ondiepe keileemlagen						X			
-water van de binnenstad in open verbinding met het boezemwater		X							
-te krappe drooglegging		X			X				
-grondgesteldheid		X		X					
-te kort aan openwaterberging		X		X		X	X		
*overstroming rivier Veroorzaakt door:									
-onvoldoende berging voor rivier in stromingsgebied gecreëerd.							X		X
*water tekort in vijvers *cultuur-historisch waarde verdwijnt Veroorzaakt door:									
-diepe grondwaterstand, laag gelegen kanalen en/of snelle afvoer		X		X					X

Effecten van het waterbeheer in stedelijk gebied

Effecten van het waterbeheer in stedelijk gebied

Tabel 2.1 Overzicht van huidige effecten en hun oorzaken door het huidige grondwatersysteem in één of meerdere wijken binnen een bepaald stedelijk gebied.

3 Oorzaken en effecten bij grondwaterstands- verandering

Bij drie gemeentes van steden hebben interviews plaats gevonden, waarbij over de effecten is gesproken van grondwaterstandsverandering en dit zijn de resultaten en conclusies die hier uit gehaald kunnen worden.

3.1 Oorzaken

Oorzaken voor waterstandverhogingen kunnen zijn:

- Stop zetten kleine en/of grote grondwateronttrekkingen
- Hoog water op een rivier die door en/of langs de stad loopt en waarbij het grondwater direct in verbinding staat met de rivier door een goed doorlatende ondergrond
- Klimaat verandering
- Verandering peilbeheer
- Maaiveldzetting
- Beheersmaatregelen.

Oorzaken voor waterstandverlagingen kunnen zijn:

- Starten met kleine en/of grote grondwateronttrekkingen
- Te zijner tijd verlaging, door een apart hemelwaterafvoer systeem dat regenwater via aparte leidingen wordt afgevoerd, door meer beplanting en door extra bestrating
- Extra drainage.

3.2 Effecten

Het doel van dit project is het geven van een aanzet en richting voor het uitwerken van een effecten afwegingsinstrument voor steden binnen Nederland die gekoppeld kunnen worden aan de uitkomsten van grondwatermodellen waarmee de hydrologische toestand van een stad (of deel daarvan) objectief kan worden gewaardeerd en waarmee alternatieve beheersscenario's en maatregelen kunnen worden afgewogen.

Hierbij zullen verschillende factoren worden ingevoerd. De ene factor zal zwaarder wegen dan de andere. De vraag is welke factoren spelen een rol en welke waarde moet toegekend worden aan een factor in een bepaald gebied binnen de bestudeerde stad met een bepaalde waterstandverandering. Daarom is er tijdens de interviews ook al vast gevraagd welke factoren de drie gemeentes belangrijk vinden en welke niet of minder belangrijk zijn bij 20 cm verhoging en verlaging van de grondwaterstand. Tevens wordt er ook nog gekeken naar het verschil tussen verhoging en verlaging van de grondwaterstand in de binnenstad en in een of meerdere buitenwijken. Een verandering van de watertoestand leidt tot een verandering van de waarde ten aanzien van elk betrokken belang. Deze waardes kunnen zijn, waardes van de huidige toestand en waardes bij grondwaterstandsverandering onder te verdelen in:

- Een genormeerde waarde met plusjes en minnetjes (bijvoorbeeld:---, --, -, 0 (huidige toestand), +, ++, +++), afhankelijk van het gewicht dat aan het belang wordt toegekend kan het plusje of minnetje met een factor worden vermenigvuldigd)
- Een economische waarde
- Een cultuurhistorische waarde
- Een natuur waarde.

Omdat niet alle gemeentes zijn geïnterviewd kan er nu alleen onderscheid gemaakt worden tussen de effecten bij een waterstandsverandering van Nederlands zuidoostelijk stedelijkgebied en Nederlands westelijk stedelijkgebied.

3.2.1 Waterstandsverhoging

In zuidoost Nederland zal men door een grondwaterstandsverhoging van 20 cm minder nadelige effecten ondervinden dan in het westelijk gebied.

In westelijk stedelijkgebied in sommige delen van de stad bestaat er bij waterstandsverhoging extra kans op de volgende effecten in volgorde van belangrijkheid volgens de geïnterviewde persoon:

- Schade aan funderingen van wegen door verweking en opvriezen
- Opvriezen van wegen
- Tuinen en parken worden extra drassig.

Bij verhoging van de grondwaterstand in wijken met veelal gebouwen gefundeerd op betonnen palen of hout met betonopleggers ontstaat er kans op kwel, drassige parken, overlast voor wegen en water in kruipruimten en kelders. Tevens bestaat er in de binnensteden ook meer kans op wateroverlast in kelders en kruipruimten bij grondwaterstandsverhoging.

3.2.2 Waterstandsverlaging

Bij grondwaterstandsverlaging zal water tekort ontstaan in de landgoederen zone rond Maastricht. Er zijn hier al problemen met een te lage grondwaterstand. (o.a. fundering). Bij grondwater verlaging zouden beuken en linden het misschien wat moeilijker krijgen.

Water tekort in vijvers en cultuurhistorisch waarde verdwijnt door een diepe grondwaterstand en snelle afvoer in de landgoederen zone.

In het westelijk stedelijk gebied treden er ander effecten op bij grondwaterstandsverlaging:

- Er treedt meer zetting en ongelijkmatige zetting op
 - Schade aan wegen, wordt als belangrijker effect ervaren dan de schade aan leidingen
 - Schade aan leidingen, wordt als minder belangrijk ervaren dan schade aan wegen, omdat het minder voorkomt
 - Economische waarde en de cultuurhistorische waarde van het straatbeeld kan veranderen wanneer huizen scheef gaan zakken bij ongelijkmatige zetting
- Er is een betere drooglegging en daardoor is het gebied minder gevoelig voor hevige neerslag

- Tuinen en parken worden minder drassig, dit wordt als minder belangrijk maar positief effect ervaren
- Minder bodems van kruipruimtes en kelders komen onder het grondwater te liggen (zowel tijdelijk als continue).

Over het algemeen zal er bij een grondwaterstands­daling van 20 tot 40 cm in westelijke binnen­steden er minder zetting optreden dan in de buiten­wijken. Omdat in de binnen­stad meestal de bodem van betere kwaliteit is om op te bouwen dan in de buiten­wijken en omdat het meeste huizen het grootste gedeelte van de zetting al hebben gehad (zetting neemt af in de tijd), omdat deze huizen er al langer staan. Zetting wordt in de binnen­stad bij grondwater­stands­verlaging van 20 tot 40 cm dan ook als een gering probleem gezien.

In buiten­wijken van westelijk­stedelijk gebied zonder houten­paalfunderingen, brengt verlaging minder problemen met zich mee dan met water­stands­verhoging. In stedelijke gebieden in west Nederland met houten­paalfunderingen zal bij een grondwater­stands­verlaging dit (extra) paalrot veroorzaken.

4 Voorbeeld methodiek voor zettingsschade door grondwaterstandsverlaging

In dit hoofdstuk wordt een methodiek beschreven die is uitgedacht om het effect van een grootschalige grondwaterstandsverlaging op de te verwachten schade aan bebouwing te kunnen inschatten. De methodiek, zoals die is uitgedacht en uitgewerkt voor funderingen in stedelijke bebouwing, wordt uitgebreid beschreven in de 'Selectie gids objecten Hoorn, 1995 (ref 3), waarmee zettingsschade door grondwaterstandsverlaging kan worden ingeschat. De hier ontwikkelde methodiek kan ook mogelijk gebruikt worden voor vergelijkbare problematiek op ander locaties en kan worden uitgebreid voor andere soorten effecten, zoals genoemd in Hoofdstuk 3.

In de methodiek worden de objecten geselecteerd aan de hand van een tweetal risicofactoren:

- Schade kans van fundering
 - Staalfunderingen
 - Paalfunderingen
- Schade aan de bouwkundige constructie.

Om de meeste schade gevoelige objecten te selecteren is gebruikt gemaakt van een groot aantal gegevens:

- Bodemopbouw
- Type fundering
- Omvang van fundering
- Kwaliteit van gebouw.

De waarde die aan een factor wordt toegekend hangt af van het belang van de factor. Als voorbeeld:

Schade kans van fundering (tabel 4.1 en 4.2):

- Risicofactor staalfundering= $R_s = R_{s1} \times R_{s2} \times R_{s3} \times R_{s4} \times R_{s5} \times R_{s6}$
 - R_{s1} - Verschillen in bodemopbouw
 - R_{s2} - Reeds opgetreden zettingen
 - R_{s3} - Zettingen bij aanleg van de Markerwaard
 - R_{s4} - Invloedsgebied fundering
 - R_{s5} - Verschillen in invloedsgebied fundering
 - R_{s6} – Bouwjaar
- Risicofactor paalfunderingen= $R_p = R_{p1} \times R_{p2} \times R_{p3} \times R_{p4} \times R_{p5}$
 - R_{p1} – mate van overbelasting
 - R_{p2} – zakking grond naast paal
 - R_{p3} – spreiding sondeerwaarde

- Rp4 – omvang en betrouwbaarheid gegevens
- Rp5 – omvang bouwwerk.

Schade aan de bouwkundige constructie (tabel 4.3):

- Risicofactor bouwkundige constructie = $R_c = R_{c1} \times R_{c2} \times R_{c3} \times R_{c4} \times R_{c5} \times R_{c6} \times R_{c7} \times R_{c8}$
 - Rc1 – Ouderdom
 - Rc2 – Hoofdafmetingen
 - Rc3 – Materialen fundering
 - Rc4 – Draagconstructie
 - Rc5 – Materiaal toepassing gevels
 - Rc6 – Aanwezigheid van binnenwanden
 - Rc7 – Aanwezigheid aanbouwen
 - Rc8 – Technische staat.

Factoren	Uitleg / formule	Waarde deelfactoren			
		afstand tussen sondering (m)			
Rs1- Verschillen in bodem opbouw	Bepaald met sondering en boring gegevens uit omgeving. Verschillen in bodemopbouw kunnen in rekening worden gebracht door middel van het product van de dikte van de samendrukbare lagen (d) en de samendrukbare lagen en de samendrukbaarheids coëfficiënt (C). Eis is meting maximaal 100 m uit elkaar. C=7.5+17.5 *qc voor qc C=13.75+5*qc voor qc=0.5 V = som van (d*C) van sondering 1- som van (d*C) van sondering 2 V bij een bepaalde afstand is rs1 (zie waarde deelfactoren)	V(m)	0-50	50-100	100-200
		0-5	1.2	1.1	1.0
		5-10	1.5	1.3	1.1
		10-15	1.8	1.6	1.4
		15-20	2.1	1.8	1.6
		>20	2.4	2.1	1.8
Rs2- Reeds opgetreden zetting	De kans op schade neemt toe bij en toenemende grootte van de zetting. Zetting is berekend met de Terzaghi formule aan de hand van de sondeer. <ul style="list-style-type: none"> Korrelspanning=P= dikte ophoogzand*8+dikte bovenste klei en veenlaag*3+dikte Wadzandlagen*7 +dikte onderste klei en veen laag*5 +12 Zetting = (d/C)ln ((P+ΔP)/P) De belasting uit het verleden zoals ophoging, polderpeilverlagingen of verlagingen van stijghoogte van het diepe grondwater zijn zo goed mogelijk inschat en ingevoerd in de berekeningen. Uitgaande van het tijdstip van bouw en de aanlegdiepte van de fundering kan worden berekend welke zetting het gebouw tot nu toe heeft ondergaan. Een gebouw dat reeds veel zetting heeft ondergaan zal bij hernieuwde zetting in het algemeen sneller schade ondervinden omdat de constructie minder reserve bezit.	ΔZ (mm)	Rs 2		
		0-50	1.0		
		50-100	1.1		
		100-150	1.2		
		150-200	1.3		
		>250	1.5		
Rs 3- Zetting bij aanleg van Markerwaard	In de holoceen en pleistoceen laag daalt de grondwaterstand als gevolg van de aanleg van de Markerwaard. Aanname: grondwaterstand verlaging constant in wadzandlagen. Grondspanning = korrelspanning+ waterspanning. De verhoging van de korrelspanning leidt tot zetting in de samendrukbare lagen onder de fundering. Gebruik voor de zetting dezelfde formules als bij deelfactor Rs1 en Rs2.	ΔZ (mm)	Rs3		
		0-10	1.0		
		10-25	1.3		
		25-40	1.6		
		>55	2.2		
Rs 4- Invloedsgebied fundering	De rekenwaarde waarmee de invloedssfeer is vastgelegd is de relatieve toename in korrelspanning Rt. Bepaald is de diepte Zt waarop de relatieve toename in korrelspanning Rt gelijk is aan 10% van de oorspronkelijk aanwezige korrelspanning. De waarde van Zt minus de diepte waarop de samendrukbare lagen aanvangen of de onderzijde van de fundering indien dat minder is, is maatgevend voor de keuze van de waarde van Rs4 in de tabel hiernaast.	At (m)	Rs4		
		0-2	1.0		
		2-4	1.2		
		4-6	1.3		
		6-8	1.4		
		8-10	1.5		
Rs5- Verschillen in invloedsgebied van de fundering	De zettingsverschillen die het gevolg zijn van verschillen in invloedssfeer onder de fundering zullen worden verminderd. In tegenstelling tot eerdere factoren wordt met deze factor de kans op schade door ongelijkmatige zetting als gevolg van verschil in funderingsbreedte en/of belasting bepaald.	At (m) max	At (m) min	Rs5	
		1.0	2.0	1.0	
		2.0	3.0	0.9	
		3.0	4.0	0.8	
		>4.0		0.6	
Rs6- Bouwjaar	De stijfheid bij nieuwe gebouwen is groter dan van oude gebouwen.	Bouwjaar	Rs 6		

		Voor 1900	1.0
		1900-1950	1.2
		Na 1950	1.0

Tabel 4.1 Risicofactor toekenning voor staalfundering. Volgens ref 3

Deelfactoren	Uitleg / formule	Waarde deelfactoren			
		Pmax/ Pgrens	Rp1		
Rp1- Mate van overbelasting van palen	De waarde van rp1 is gekoppeld aan de verhouding tussen de maximaal optredende belasting op de paal (netto toelaatbare belasting en negatieve kleeft) Pmax en P grens, de draagkracht van de paal. Mate Negatieve kleeft= 0.8*paalcoëfficiënt*gemiddelde plaatselijke kleeft* paal omtrek* laag dikte * 0.78:0.80. De paal coëfficiënt hangt af van paaltype en grondsoort. Door zetting van diepe lagen zal in de dieper gelegen zand lagen negatieve kleeft optreden. De draagkracht van de paal bestaat uit het puntdraagvermogen en de positieve kleeft. Het puntdraagvermogen is berekend met 4D-8D regel van Koppejan. De Pmax/Pgrens dient als uitgangspunt voor de berekening van deelfactor rp1.		Houten palen	Beton palen	
		<0.8	0	0	
		0.8-1.0	3.0	1.5	
		1.0-1.3	2.5	2.0	
		> 1.3	2.0	1.5	
Rp2 – Zakking van de grond naast de paal	Deze zetting wordt op dezelfde manier berekend als Rs3 Hierbij wordt er vanuit gegaan dat indien de zetting van de onderste samendrukbare lagen minder dan 5 mm, de zetting van de er boven liggende wadzandlaag en daardoor ook de zakking van de paal gering zal zijn. Negatieve kleeft heeft zich dan niet volledig ontwikkeld.	Zetting v.d. onderste samendrukbare laag (mm)			
		0-5			0.3
		5-10			1.0
		10-15			2.0
		>15			3.0
Rp3 – Spreiding in sondeerwaarde	Hoe groter de spreiding tussen onderlinge sonderingen, des te groter de kans op ongelijkmatige zettingen van de palen. De verschillen binnen een project zijn beschouwd. Het verschil wordt uitgedrukt in verschil in sondeerwaarde op het funderingsniveau.	Verskil in sondeer waarde op het funderingsniveau (MN/m2)	Verskillen in funderingsniveaus (m)	Rp 3	
		Spreiding < 1	< 0.5	0.8	
		1<= spreiding < 5	< 0.5	0.9	
		Spreiding < 1	0.5 <= verschil < 1.5	0.9	
		1<= spreiding < 5	0.5 <= verschil < 1.5	1.0	
		Spreiding < 5	Verskil => 1.5	1.1	
		Spreiding => 5	Verskil < 1.5	1.1	
Spreiding => 5	Verskil => 1.5	1.2			
Rp4 – Omvang en betrouwbaarheid gegevens	Naar mate het aantal sonderingen toeneemt, worden de bodem opbouw gegevens meer betrouwbaar. Deze betrouwbaarheid wordt aangegeven met deelfactor Rp4.	Aantal sonderingen	Rp 4		
		>= 25	0.9		
		10-25	1.0		
		< 10	1.1		
		Aantal woningen per blok	Rp5	Oppervlakte gebouw (m ²)	

Effecten van het waterbeheer in stedelijk gebied

Effecten van het waterbeheer in stedelijk gebied

Tabel 4.2 Risicofactor toekenning voor paalfunderingen. Volgens ref 3

Deelfactoren	Uitleg / formule	Waarde deelfactoren				
Rc1 - Ouderdom	De ouderdom van een gebouw geeft een indicatie van drie facetten, te weten de kwaliteit van bouwmaterialen, de deskundigheid van het ontwerp en de uitvoering c.q. de bouwmethode en de mate waarin grond onderzoek is uitgevoerd.	Bouwjaar		Rc1		
		Voor 1900		1.4		
		1900 – 1945		1.3		
		1945 – 1970		1.1		
		Na 1970		1.0		
Rc2 – Hoofd- afmetingen	De oppervlakte van het bebouwde grondvlak is van invloed op de schadegevoeligheid van een gebouw, omdat bij grote oppervlakten de kans groter is dat binnen de afmetingen van het gebouw verschuivingen optreden.	Grootste lengte	Rc2			
			Hoogte (m)			
			< 10	10 - 20	>20	
			<= 10	1.00	1.10	1.20
			10-20	1.10	1.21	1.32
		20-50	1.20	1.32	1.44	
		>50	1.30	1.43	1.56	
Rc3 – Materiaal funderings- constructie	Het materiaal van de fundering heeft invloed op schade door zetting	Funderingsconstructie		Rc3		
		Metselwerk sloof		1.3		
		Kespens+langhout+mestelwerk		1.2		
		Betonnen funderingsbalk/poer/plaat		1.0		
Rc4 – Draag- constructie	De vervormbaarheid van de draagconstructie zonder schade te leiden hangt af van het type draag constructie.	Draagconstructie		Rc4		
		Dragend metselwerk met kelder		1.2		
		Dragend metselwerk		1.3		
		Betonskelet (m/z kelder)		1.0		
		Houtskelet staalskelet (m/z kelder)		0.9		
Rc5 – Gevel- constructie	In een gevel zonder openingen kan belastingspreiding plaats vinden. In een muur met openingen vindt belasting concentratie plaats.	Percentage openingen	Rc5			
			Starre gevel	Flexibele gevel		
		=>50 %	1.6	0.9		
		10 - 50 %	1.4	0.9		
		10%	1.2	0.9		
Rc6 – Aanwezigheid van aanbouwen	Door verschil in afmetingen van de funderingen tussen hoofdgebouw en aanbouw, door verschil in funderingsbelasting en door verschil in tijdstip van aanleg kunnen zettingsverschillen optreden. Maat gevend voor de beoordeling van de aanwezigheid van aanbouwen zijn de afmetingen en of de aanbouw gelijktijdig is gebouwd met het hoofdgebouw of niet.	Grootste lengte (m)	Rc6			
			Aanbouw gelijk gebouwd	Aanbouw later gebouwd		
			<10	1.2	1.44	
			<= 10	1.4	1.68	
		geen	1.0	0		
Rc7 – aanwezigheid van niet- dragende binnenwanden	Tussen wanden kunnen eventuele vervormingen die optreden in de draagconstructie niet volgen. Dit kan schade opleveren	Scheidingswanden		Rc7		
		Geen		1.0		
		Wel		1.2		
Rc8 – Technische staat	De technische staat wordt alleen beoordeeld aan de hand van de mate van aanwezigheid van scheurvorming of scheefstand	Technische staat		Rc 8		
		Goed		1.0		
		Redelijk		1.1		
		Matig		1.3		
		Slecht		1.4		

Tabel 4.3 Risicofactor toekenning voor bouwkundige constructie. Volgens ref 3.

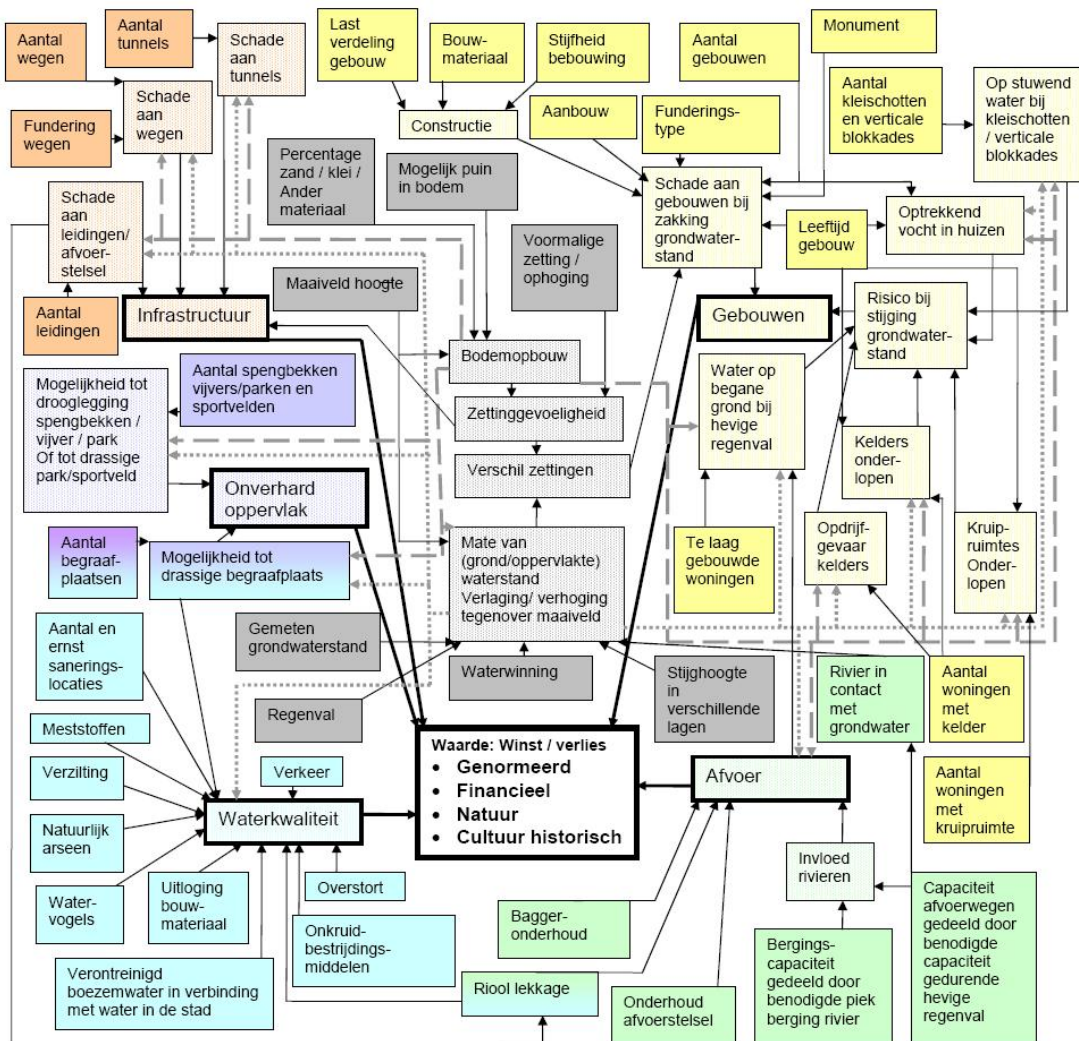
5 Uitgedacht instrumentarium

Aan de hand van de interviews over de huidige situatie en de effecten bij verandering, is een schade instrumentarium uitgedacht. Hierbij wordt gedacht aan een ongeveer gelijk idee als bij Hoorn. Alleen met meer verbanden zoals beschreven in paragraaf 5.1 op een uitgebreider vlak zodat in een 2D projectie de schade op verschillende vlakken geschat kan worden zoals aangegeven in paragraaf 5.2.

5.1 Eerste aanzet van verbanden binnen stedelijk waterbeheer

In figuur 5.1 zijn de verbanden weer gegeven voor verschillende zaken die een rol spelen bij het stedelijke waterbeheer en zijn zaken weer gegeven die effecten kunnen versterken. De gekleurde blokken zijn parameters die ingevoerd moeten worden. De verbindend pijltjes geven de invoer aan van een blokje. De gekleurde transparante blokjes zijn blokjes waar een mogelijk effect in staat. Het effect kan uitgerekend worden aan de hand van ingevoerde parameter ranges en parameters in de blokken die input leveren aan dit blok. In het witte blok zijn alle effecten opgeteld en geeft een relatieve range uitkomst van het effect op natuurwaarde en cultuurhistorische waarde. Er zal ook een range aan winst of verlies worden voorspeld op de verschillende vlakken. Deze staan in de dik omliggende blokken. De mogelijke parameters en parameter ranges en hun waardes zijn nog niet toegekend. Hier is een vervolg studie voor nodig. Waar aan gedacht zou kunnen worden aan het voorbeeld gegeven voor het stukje waterkwaliteit in tabel 5.1. De waarde ranges zijn een voorbeeld en dienen per geval nog door experts te worden vast gesteld.

Bij een hogere oppervlaktewaterstand zal bijvoorbeeld de concentratie aan opgeloste stoffen verdunnen. Dit levert op het gebied van vervuilingconcentratie een verlaging van de vervuiling op, behalve in het geval van de begraafplaats. Hoe hoger het grondwater, des te groter de kans dat de afvalstoffen die vrij komen bij ontbinding het grondwater gaan vervuilen. Onder tabel 5.1 staat formule 5.1, waarmee mogelijk de natuurwaarde uitgerekend kan worden. Aan de factor vervuiling zou weer een natuurwaarde aan gekoppeld kunnen worden. Hoe hoger de waarde des te meer vervuiling treedt er op. Met een wat uitgebreidere formule zouden bijvoorbeeld kosten voor maatregelen ter voorkoming van vervuiling in beeld kunnen worden gebracht.



Figuur 5.1 Schema met verbanden tussen parameters die een effect kunnen veroorzaken in combinatie met een waterstandverhoging of verlaging in een stad. Dit is een voorbeeld van hoe het in elkaar lijkt te zitten en een aanzet voor verder onderzoek

code	parameter	indeling parameter	Natuurwaarde parameter range
A1	Verkeer	Geen	0-0.1
		Weinig	0.2-0.4
		Matig	0.5-0.7
		Veel	0.7-0.8
		Extreem veel	1-0.9
A2	Natuurlijk Arseen	Geen tot nauwelijks arseen aanwezig in hogere concentraties	0-0.4
		Kleine hoeveelheden arseen aanwezig in de bodem in hogere concentraties	0.5-0.8
		Grotere hoeveelheden arseen aanwezig in de bodem in hogere concentraties	0.8-1
A3	Verzilting	Ja	0-0.5
		Nee	0.5-1
A4	Meststoffen	Niet van toepassing	0-0.2
		Geen overmaat	0.3-0.5
		Overmaat	0.6-0.7
		Sterke overmaat	0.8-1
A5	Uitloging bouw materiaal	Nee	0-0.4
		Ja	0.5-0.8
A6	Omvang saneringsgebieden in een wijk	< 1000 M ²	0-0.4
		1000-8000 M ²	0.5-0.6
		> 8000 M ²	0.7-0.8
A7	Watervogel vervuiling	Ja	0-0.4
		Nee	0.5-0.8
A8	Onkruidbestrijdings middel	Geen vervuiling daardoor	0-0.1
		Wel vervuiling	0.2-0.7
		Zware vervuiling	0.7-1
A9	Overstort	Geen overstort	0-0.5
		Bij hevige regenval overstort	0.5-0.8
A10	Begraafplaats met te hoge grondwaterstand	Ja	0.5-0.8
		Nee	0-0.4
A11	Verontreinigd boezemwater in de binnenstad	Ja	0-0.4
		Nee	0.5-1

Tabel 5.1 *Voorbeeld voor het gedeelte waterkwaliteit op het gebied van natuurwaarde. Dit is een aanzet voor verder onderzoek (de natuurwaarde parameter ranges in deze tabel zijn niet opgesteld door een expert het is maar een voorbeeld om het idee duidelijk te maken.)*

$$\frac{A1 + A2 + A3 + \dots \text{enz}}{\max(A1 + A2 + A3 + \dots \text{enz})} * \text{grondwaterstandsverandering tegen over maaiveld (NAP)} = \text{factorvervuiling}$$

Formule 5.1 Een van de mogelijke opties voor een formule om verandering in natuurwaarde uit te rekenen in een range

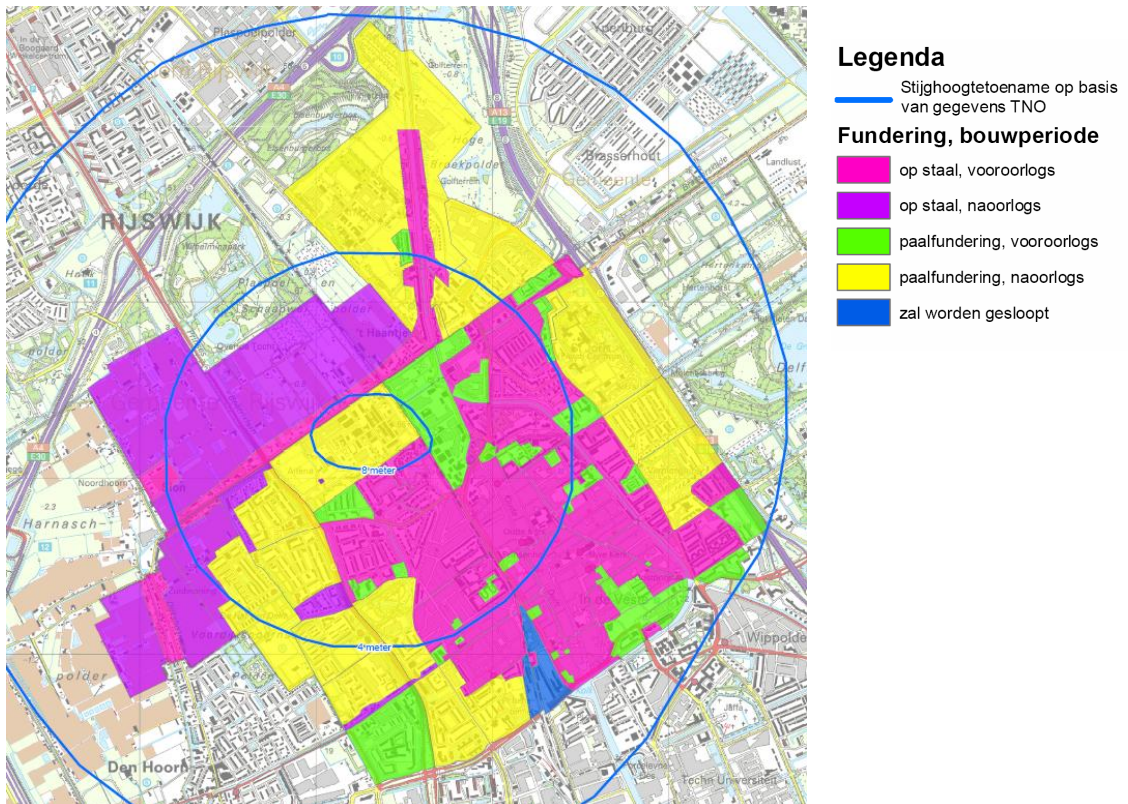
5.2 Mogelijk ontwerp

In het kort wordt er aan gedacht om de parameters en parameter ranges in te voeren in een GIS systeem. In het GIS systeem worden de parameters en parameter ranges ingevoerd in formules. Aan de hand van deze formules wordt de verandering in genormeerde waarde, natuurwaarde, cultuurwaarde en in financiële waarde (bijvoorbeeld de te maken kosten om om eventuele negatieve effecten te verhelpen) bij een maximaal en minimaal effect geplot in een 2D GIS kaart.

5.2.1 Input

Er wordt gedacht aan een 2D systeem, waarbij de bodemopbouw, doorlatendheid bodem, grondwaterstandsverandering, plaatsen van monumenten en maaiveld zo goed als mogelijk wordt ingevoerd in GIS per eenheid van oppervlakte (met bv. Een heterogeniteitsfactor). De andere parameters uit figuur 5.1 worden per wijk ingegeven in aantallen per wijk, wel of niet aanwezig in die wijk of de ernst van een effect in een wijk op een 2D kaart in GIS.

Net als in tabel 5.1 aangegeven kan er gekozen worden uit parameters en parameter ranges. Een voorbeeld van een input kaart met funderingtypes is bij het DSM Delft project gebruikt (zie figuur 5.2). Een voorbeeld van een van de input kaarten waarmee het % zand, klei en ander materiaal mee berekend kan worden is een bodem kaart die bij het DSM Delft project is gebruikt voor de variatie van dikte van de zandlaag in Delft weer te geven (zie figuur 5.3).



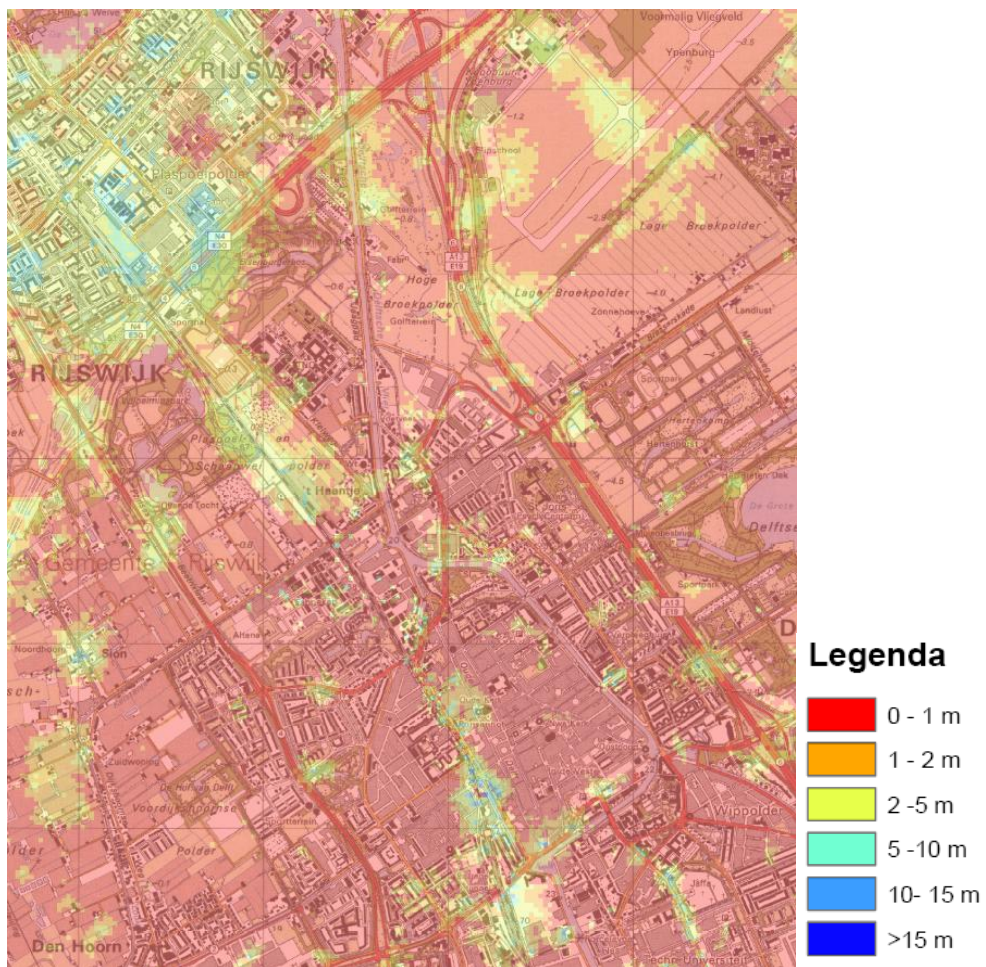
Figuur 5.2 Type fundering en bouwperiode Delft en Rijswijk, GeoDelft, De auteursrechten en databankrechten zijn voorbehouden aan de Topografische Dienst Kadaster, Emmen, 2007, 2007-07-30 (ref 2a, pg. 64), (ref 2b, pg. 171)

5.2.2 Systeem

Vervolgens worden de parameters en parameterranges in de formules ingevoerd, in de ingevoerde formules in het GIS. Dit is te vergelijken met het systeem bij Hoorn beschreven in hoofdstuk 4. Het verschil met het systeem van Hoorn is wel dat dit niet per pand wordt berekend waarbij een bedreiging kan zijn, maar per wijk.

5.2.3 Output

Na berekening van de verandering kan de maximale waarde en de minimale waarde van de genormeerde waarde, natuurwaarde en cultuurhistorische waarden op het gebied van waterkwaliteit, waterafvoer, gebouwen, infrastructuur, onverharde oppervlak en al deze aspecten gezamenlijk worden geplot in 2D GIS kaarten.



Figuur 5.3 Dikte zand pakket omgeving Delft, bron: ondergrondmodel TNO, 14-6-2007

6 Conclusie

Grondwaterstandsveranderingen brengen knelpunten en kansen met zich mee. Om een betere globale inschatting te kunnen maken zal een effectenanalyse methode hulp bieden. In dit rapport is een effectenanalysemethode uitgedacht voor grondwaterstandsverandering. Het doel van deze studie is het geven van een aanzet en richting voor het uitwerken van een effecten afwegingsinstrument voor steden binnen Nederland dat gekoppeld kan worden aan de uitkomsten van hydrologische modellen. Hiermee kunnen de effecten van een ingreep of verandering in het waterbeheer objectief worden gewaardeerd en kunnen alternatieve beheersscenario's en maatregelen worden afgewogen.

In het kort wordt er gedacht aan parameters en parameteranges in te voeren in formules in een GIS systeem op het gebied van waterkwaliteit, waterafvoer, gebouwen, infrastructuur en onverharde oppervlak. Aan de hand van deze formules wordt de verandering in genormeerde waarde, natuurwaarde, cultuurwaarde en financiële waarde (om eventuele negatieve effecten te verhelpen), bij een maximaal en minimaal effect op het gebied van waterkwaliteit, waterafvoer, gebouwen, infrastructuur, onverharde oppervlak en al deze aspecten gezamenlijk geplot in 2D GIS kaarten.

7 Discussie

Het model zal niet nauwkeurig genoeg zijn om een exacte schatting te maken, maar is wel goed voor een eerste indruk waar zich knelpunten en kansen kunnen voordoen in een gebied bij een bepaalde verhoging of verlaging van de grondwaterstand. Tevens zal het instrument een goed hulpmiddel zijn om de wenselijkheid van verschillende scenario's af te wegen. Voorwaarde is uiteraard een goed hydrologisch rekenmodel en een hoge kwalitatieve input (parameter en parameter ranges) in beide modellen.

8 Aanbevelingen

Met het oog op een correcte en heldere belangenafweging bij de keuze van verschillende beheersopties is het kwantificeren/inschatten van de bij het waterbeheer optredende belangen noodzakelijk.

Een hydrologisch model gekoppeld aan een effectenafwegingsinstrumentarium, zoals in dit rapport beschreven kan hiervoor een goed en objectief hulpmiddel zijn. Goede standaard parameters en parameter ranges zullen verder moeten worden onderzocht. Het is noodzakelijk dat het mogelijk is voor de gebruiker, om naar eigen idee de waarde van de parameters en parameter ranges te kunnen aanpassen. Het kan bijvoorbeeld zijn dat oplossingen om negatieve effecten te verhelpen goedkoper of duurder gaan worden of dat de gemeente qua genormeerde waarde, natuurwaarde of cultuurhistorische waarde andere belangen heeft dan de andere gemeente op verschillende locaties in Nederland. Ook is het hiermee mogelijk een gevoeligheidsanalyse uit te voeren.

Om dit instrumentarium effectief te kunnen ontwerpen is het noodzakelijk dat: de verbanden zoals in paragraaf 5.1 beschreven nader worden uitgewerkt tot een niveau, zoals in "hoofdstuk 4" ten aanzien van bebouwing is toegelicht.

9 Suggesties

Voor wat gedetailleerdere suggesties voor het effectenafwegingsinstrumentarium zie Bijlage B 'Extra suggesties'. In Bijlage C.1 zijn verwijzingen gedaan naar documenten waar in de mogelijkheden staan beschreven om schade aan panden te verhelpen door een te hoge grondwaterstand.

Er zijn tevens tal van mogelijkheden om een waterbeheerssysteem robuuster te maken in de stad, dit ook met het oog op klimaatverandering en inklinking van de bodem. In Bijlage C.2 zijn dan ook mogelijkheden opgenomen om waterrobuuster te bouwen en worden verwijzingen gedaan naar enkele documenten interviews en symposia waarbij deze mogelijkheden in beschreven staan of besproken zijn.

Literatuurlijst

- 1 Delft Cluster -Geodelft/IHE/TNO/TU Delft/ WL | Delft Hydraulics- (september 2005), "Quicksan DSM-spoorzone: Verkenning van duurzame oplossingsrichtingen voor het waterbeheer in Delft en omgeving".
- 2 Delft Cluster
 - a Roelofsen, Frans et al. 2008. "Grondwatereffecten aan de oppervlakte (gebracht). Onderzoek naar effecten van stopzetting grondwateronttrekking DSM Delft - Hoofdrapport." TNO Rapport 2008-U-R0960/A.
 - b Roelofsen, Frans et al. 2008. "Grondwatereffecten aan de oppervlakte (gebracht). Onderzoek naar effecten van stopzetting grondwateronttrekking DSM Delft - Technisch rapport." TNO Rapport 2008-U-R1084/A.
- 3 Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Directie IJsselmeergebied, Ministerie van Verkeer en Waterstaat (mei 1995), "Selectie gids objecten Hoorn waarmee zettingschade door grondwaterstandsverlaging kan worden gesignaleerd, beschrijving Methodiek".
- 4 Gemeente 's-Hertogenbosch, Waterschap de Maaskant, Brabant Water, Waterschap de Aa, Waterschap de Dommel, provincie Noord-Brabant, Directie Noord-Brabant van Rijkswaterstaat (21-10-2002), "Waterplan 's-Hertogenbosch, water als drijvende kracht...".
- 5 Gemeente Amsterdam (20 juni 2006), "Convenant Waterplan Amsterdam-Noord ter gezamenlijke uitvoering van het waterplan Amsterdam-Noord".
- 6 Gemeente Apeldoorn, Waterschap Veluwe, Vitens en adviseur TNO-MEP (oktober 2005), "Werken aan water Apeldoorns waterplan 2005-2015".
- 7 Gemeente Assen (juli 2006), "Samenvatting van het gemeentelijk waterplan, Assen koerst op helder water".
- 8 Gemeente Den Helder, Grontmij Nederland bv (februari 2005'), "Waterbreed, waterplan voor den Helder, Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier".
- 9 Gemeente Dordrecht (3 februari 2005), "Milieuprogramma 2005".
- 10 Gemeente Dordrecht (26 november 2008), samenvatting waterplan Dordrecht <http://cms.dordrecht.nl/dordt?waxtrapp=dhmcoDsHaKnPvBJwEzDLD>
- 11 Gemeente Maastricht, Witteveen en Bos (17 januari 2006), "Waterplan Maastricht".
- 12 Gemeente Middelburg, waterschap Zeeuwse Eilanden, © DHV ruimte en Mobiliteit BV (mei 2004), "Waterplan Middelburg".
- 13 Hoogheemraadschap van Delfland (11 maart 2004), "Beleidsvisie waterplannen, samenwerken aan een duurzame leefomgeving".
- 14 Provincie Noord-Holland en Grontmij Nederland bv (18 september 2007),

“Stedelijke (grond)wateropgave Provincie Noord-Holland, inzicht in de stedelijke wateropgave in het algemeen en de aanpak van grondwateroverlast in het bijzonder”.

A Gesprekken Gemeentes

A.1 Gemeente Delft

Vraaggesprek met de gemeente Delft met betrekking tot waterbeheer in Delft

Datum interview: 6 februari 2008
Geïnterviewde persoon: Ir. I.A. Clarisse
Functie: Beleidsadviseur
Afdeling: Wijk en stadszaken
Interviewers: John Lambert en Cindy Braat (Deltares)

Huidige situatie Delft

Bodem, grond/oppervlakte water en bodemdaling/zetting

De bodem onder Delft is zeer heterogeen. De kreekruigen die onder de stad liggen reageren zeer snel op regenval. Gedurende regenval lopen de kreekruigen snel vol met water en dit levert grondwateroverlast op. Het is handiger als je naar grondwateroverlast kijkt, om dit per wijk te doen. Sommige wijken zijn opgehoogd en hebben een zand op klei pakket. In sommige wijken is de cunet methode toegepast. Hierbij is de slecht waterafvoerende veenlaag vervangen door zand, dit voorkomt water in kruipruimtes en vermindert de zetting. In andere wijken ligt zand onder de weg, maar zware klei onder de huizen. De waterstand onder de straat wijkt dan sterk af van de omliggende percelen; daardoor kan er wateroverlast ontstaan (b.v. wateroverlast die in de kruipruimtes optreden, terwijl peilbuizen in het wegdek daarvoor geen indicatie geven). Daarom zouden er ook peilbuizen geplaatst moeten worden op particulier terrein. Zandgeulen nemen zeer snel water op en zorgen voor veel water in het afvoersysteem in een korte tijd, waarbij het afvoer systeem het maar net aan kan. Terwijl dit in stedelijk gebieden met een veenbodem niet het geval is, maar dan verblijft het water wel langer in het stedelijk gebied. Lage grondwaterstand leidt tot snelle afvoer van water waardoor vijvers en/of kanalen kunnen droogvallen. Er treden geen opbarsting van de bodem op in Delft.

Bebouwing of aanbouwen die gedeeltelijke op een zand ondergrond (kreekrug) zijn gefundeerd kunnen kampen met ongelijkmatige zetting, waardoor scheuren in muren kunnen ontstaan. In Delft kan ook lokaal puin in de bodem zitten. Zo is bijvoorbeeld de kade muur gesloopt, maar hier zitten nog gedeeltes van in de grond. Tevens zitten er nog stukken stadmuur lokaal in de bodem. Onder de kerk zit puin. Omdat het puin de heterogeniteit van de bodem heeft vergroot, kan dit leiden tot schade aan gebouwen die op deze bodem zijn gebouwd door ongelijkmatige zetting. De schade door ongelijkmatige belasting komt in de gemeente Delft vaker voor bij wegen dan bij gebouwen. Zelfde fundering maar heterogene grond kan leiden tot vele hobbels in de weg. Zettingen van leidingen treden op in Delft. Ongelijkmatige zetting aan gebouwen en infrastructuur worden in Delft vooral veroorzaakt door:

Effecten van het waterbeheer in stedelijk gebied

Effecten
van het
waterbe-
heer in
stedelijk
gebied

- De heterogeniteit van de bodem
- Bij- en aanbouwen die later gaan zetten
- Door bemalingen in de omgeving, die extra zetting te weeg brengen.

Water van de binnenstad in Delft staat in open verbinding met het boezemwater. Hierdoor is het waterniveau in de binnenstad gelijk aan het niveau van het boezemwater. Dit zorgt voor verontreinigd slib en extra oppervlakte- en grondwater fluctuaties in de stad. Verontreiniging van oppervlakte en grondwater in Delft vindt plaats door het drukke verkeer en het natuurlijke arseen in de bodem. In mindere mate vindt verontreiniging van oppervlakte en grondwater plaats door uitloging van bouwmaterialen.

Bemalingen

Bemalingen kunnen leiden tot ongelijke zettingen (b.v. latere aanbouwen zijn hier gevoelig voor). De volgende soorten bemalingen vinden plaats in Delft:

- Warmte en koude opslag: dit geeft weinig schommeling in de grondwaterstand, maar kan wel overlast veroorzaken bij het spoelen, want dan is er te weinig afvoercapaciteit van het riool
- Grondwaterwinning DSM: maatgevend is de komende grondwaterwinning vermindering, hierdoor verandert de grondwaterstromingen dit zorgt voor een verhoging van de stijghoogte
- Illegale onttrekkingen: voor irrigatie van kassen en drooglegging van kelders.

Grondwaterfluctuaties

De grondwater fluctuaties hebben invloed op:

- Vocht in kruipruimtes;
- Optrekkend vocht in huizen, dit is wel een groot probleem. Trasraam en loodslabben bij oudere huizen zijn belangrijk hierdoor wordt vocht tegen gehouden.

Afvoer stelsel

Het rioolstelsel in Delft is ontworpen aan de hand van de gemiddelde regenval. Dit geeft problemen bij hevige regenval. Er is geen overstort probleem in Delft. Achterstallig baggeronderhoud en niet genoeg afvoercapaciteit van gemalen heeft in geringe mate invloed op vertraagde afvoer van regenwater. In hogere mate zijn er te weinig of te lage waterkeringen, te krappe drooglegging en te kort aan openwaterberging van invloed op de vertraagde afvoer van regenwater.

Wegen

Soms zijn er in Delft ook problemen met opvriezen van wegen, als gevolg van hoge grondwaterstanden onder wegen in de winter.

Onverharde oppervlakken

Toenemende regenval, stop zetten of vermindering van grondwater winning (DSM) en hoge grondwaterstand leidt in enige mate tot drassige onverharde oppervlakken.

Buitenwijk (Tanthof)

In Tanthof is restzetting te verwachten, er is nog geen schade aangebouwen en er is verschildzakking van wegen. Bij het Tanthof worden geen last ondervonden van water in kruipruimtes en wel van zettingen en schade aan leidingen (Bv bij de aansluitingen van de leidingen aan de leidingen in huizen).

In Tanthof wordt de kwaliteit van het zwemwater ongunstig beïnvloed door watervogels.

Binnenstad

In de binnenstad hebben mensen direct last van fluctuaties in de grondwaterstand. Er is verweking van de funderingen in de binnenstad. Het niveau in sommige woningen is 2 cm beneden pad niveau en daardoor komt er water in huis. Het winkel gebied in Delft is een vlak gebied waar geen afwatering is. Schade door zettingen zal minder optreden in de binnenstad van Delft vanwege voormalige zettingen in dit gebied. In de binnen stad hebben veel mensen een pomp in de kelder staan, deze vallen ook onder de illegale bemalingen, waar ze precies staan is niet bekend.

In de binnenstad is een gecombineerd gemeente stelsel, waarbij hemelwater wordt gecombineerd met huishoudelijk afvalwater en naar het rioolstelsel wordt afgevoerd.

In de binnenstad vindt uitloging van Zn en Cu plaats, dit opgeloste koper en zink komt vervolgens in de grachten terecht en gaat hier in het slib gaat zitten. Dit veroorzaakt verontreinigde slib.

De gegevens van de huidige situatie zijn tevens in tabel A.1 verwerkt.

Type	5 Delft
Maaiveld (Meters + NAP)	-3 tot 3
Gemiddelde kenmerken op volgorde in de eerste 20 m	-klei met veen /leem laagjes (kreekrug)
	-zand
Onderzochte steden	*Middelburg
*schade aan gebouwen	
Veroorzaakt door:	
-heterogeniteit bodem	X
-ongelijkmatige belasting gebouw	
-bij- en aanbouwen	X
-bemaling in de omgeving	X
-grondwaterstandsverandering	X (negatieve zetting door DSM)
*schade aan gebouwen	
Veroorzaakt door:	
-waterstand verlaging	
*water in kruipruimtes	X
*lekkage kelders	
*verzakking huis	

Effecten van het waterbeheer in stedelijk gebied

Effecten
van het
waterbe-
heer in
stedelijk
gebied

*oprijf gevaar	
Veroorzaakt door:	
-slecht rioleringsstelsel, die bij hevige regenval niet snel het regenwater afvoert	x h
-op kwellend water in kelder en kruipruimtes door de hoge druk/stand van het grondwater	x h
-te laag gebouwde woningen	X h
-slecht doorlatende ondergrond	x h
-toename neerslag	x l
-stopzetting/afname grondwaterwinning	X h
-opstuwend water door kleischotten of ander obstakels in de bodem	
-illegale winning/ leeg pompen lekkende kelders	X l
*lekkage, water op wegdek	
Veroorzaakt door:	
-slechte afvoer grondwater uit tunnel	X h
-zeer hoge grondwaterdruk door heterogene bodem	
*instabiele constructie	
Veroorzaakt door:	
-zetting (zie oorzaken voor zetting)	
*opvriezen, water op de weg	x
Veroorzaakt door:	
-hoge grondwaterstand	
-slechte afvoer regenwater	
*verzakking, kanteling	
Veroorzaakt door:	
-zettingen (zie oorzaken voor zetting)	X h
-ongelijkmatige zettingen	X h
*schade aan leidingen door zettingen	
Veroorzaakt door:	
-zettingen	X h
*wateroverlast beplanting/begraafplaatsen	
*drassigheid, overstroming	
Veroorzaakt door:	
-hoge grondwaterstand	X l
-kwel/ opbarsting bovenlaag	
-stopzetting grondwaterwinning	X l
-toenemende regenval	X l
-slecht doorlatende laag	X l
-slechte afvoer bij hevige regenval (bv. overstort)	

<p>*wateronderlast beplanting,</p> <p>*maaiveld verzakking</p> <p>*droogvallen spengbekken</p> <p>*cultuurhistorische waarde verdwijnt</p> <p>*droogval vijvers</p> <p>Veroorzaakt door:</p>	
-zetting	
-te lage grondwaterstand in bepaalde gebieden	
-grondwateronttrekking	
-diepe grondwaterstand, laag gelegen kanalen of/en snelle afvoer waardoor vijvers droog vallen	X I
<p>*grond/ oppervlaktewatervervuiling</p> <p>*verontreinigd slib</p> <p>*waterkwaliteit in de binnenstad is gelijk aan dat van het boezem water</p> <p>Veroorzaakt door:</p>	
-overstort bij hevige regenval	
-water van de binnenstad in open verbinding met het boezemwater	X I
-microverontreinigd-boezemwater (verontreinigd bagger)	X I
-lekkage van rioleringstelsels	
-te weinig sanering van bovenstroomlozingen en diep verontreinigd grondwaterwater	
-uitloging bouwmaterialen	X I
-meststoffen	
-onkruid bestrijdingsmiddelen	
-natuurlijk arseen	X h
-verkeer	X h
-watervogels	X h
<p>*slechte afvoer regenwater/rioolwater bij hevige regenval</p> <p>*slechte talud/kade stabiliteit</p> <p>*dicht slibben waterwegen</p> <p>*boezemwater in de stad</p> <p>*waterniveau in de binnenstad is gelijk aan boezemwater en fluctueert hierdoor</p> <p>Veroorzaakt door:</p>	
-achterstallig baggeronderhoud	X I
-te weinig capaciteit van rioleringstelsels en bufferbassins	X h
-afstromend water van terrassen bij hevige regenval	X I
-achterstallig onderhoud afvoerstelsel.	
-niet hoge genoeg afvoercapaciteit van gemalen	X
-rivier water direct in contact met grondwater	

Effecten van het waterbeheer in stedelijk gebied

Effecten van het waterbeheer in stedelijk gebied

-te weinig ontwateringsmiddelen	X h
-te lage of te weinig waterkeringen	X h
-ondiepe keileemlagen	
-water van de binnenstad in open verbinding met het boezemwater	X h
-te krappe drooglegging	X h
-grondgesteldheid	X h
-te kort aan openwaterberging	X h
-ontwikkelen spengbekken	
*overstroming rivier	
Veroorzaakt door:	
-onvoldoende berging voor rivier in stromingsgebied gecreëerd.	
*water tekort in vijvers	
*cultuurhistorisch waarde verdwijnt	
Veroorzaakt door:	
-diepe grondwaterstand, laag gelegen kanalen en snelle afvoer	X

Tabel A.1 Gegevens situatie nu in delft naar de opinie van de Gemeente Delft met de waarde die er aan gehecht wordt door de gemeente Delft. Xh wordt veel waarde aan gehecht. Xl wordt weinig waarde aan gehecht door de gemeente Delft

Effecten bij verhoging en verlaging grondwaterstand met 20 cm

Effecten beoordeling

Het doel van dit project is: Het uitdenken van mogelijke financieel schade instrumentaria voor steden binnen Nederland, die gekoppeld kan worden aan de uitkomsten van grondwatermodellen.

Hierbij zullen verschillende factoren worden ingevoerd. De ene factor zal zwaarder wegen dan de andere. De vraag is welke waarde je moet toekennen aan een factor. Daarom wordt er tijdens het interview ook al vast gevraagd welke factoren de gemeentes belangrijk vinden en welke niet of minder belangrijk bij 20 cm verhoging en verlaging van de grondwaterstand.

Verhoging grondwaterstand

Buitenwijk

Tanthof

Als in Delft in een buitenwijk (Tanthof) de waterstand 20 cm omhoog gaat dan:

- Komt er meer kans komen op kwel (m.b.t. Tanthof);

- Gaat er meer betonrot optreden (m.b.t. Tanthof), maar waarde van belang die hier aan toegekend moet worden is onbekend;
- Heeft men geen last van water in kruipruimtes (m.b.t. Tanthof);
- In het park komt het wortelbed van het gras onder water te staan. De stabiliteit wordt dan lager en de toegankelijkheid en functie als speelgebied komen in gevaar (m.b.t. Buitenwijk).

Binnenstad

Als in Delft in de binnenstad de waterstand 20 cm omhoog gaat dan:

- Krijg men meer last van optrekkend vocht
- Treed verweking van grond op.

Verlaging grondwaterstand

Algemeen Delft

Als in Delft de grondwaterstand 20 cm omlaag gaat dan:

- Treedt er meer zetting en ongelijkmatige zetting op
- Is er een betere drooglegging
- Is het gebied minder gevoelig voor hevige neerslag.

Binnenstad

Als in de binnenstad het grondwater 40 cm wordt verlaagd, is er wel zetting, maar staan kelders droog.

In de binnenstad van Delft wordt grondwaterstandsverandering als gering probleem gezien, vanwege voormalige zetting.

Suggesties en opmerkingen

Algemeen

Algemene opmerking over stedelijk waterbeheer:

- Gebieden waar bebouwd gaat worden zouden aan de hand van de bodemstructuur bepaald moeten worden.

Effecten beoordeling

De volgende suggesties en opmerkingen voor de effecten beoordeling zijn aanbod gekomen tijdens het interview:

- Aan te laag gebouwde woningen zou een hoge factor moeten worden toegekend
- De heer Clarisse geeft aan dat de heterogeniteit van de bodem een belangrijke factor is voor het toekomstige model
- Hulpmiddelen voor indeling zijn:
 - Als je een indeling maakt per polder, moet je kijken welke dingen er per polder voorkomen
 - Bebouwingsfundaties bekijken.
- Risico's zijn niet alleen in geld uit te drukken maar ook in maatschappelijke risico's en dit is nog belangrijker. Het is daarom ingewikkeld om risico's zichtbaar te maken.
- De vraag is: wat is maatschappelijk acceptabel.

A.2 Gemeente Dordrecht

Vraaggesprek met de Gemeente Dordrecht met betrekking tot grondwaterbeheer in Dordrecht

Datum interview: 15 mei 2008
Geïnterviewde persoon: J. (Han) van Eijnsbergen
Werkgebied: Beheer (grond)water
Afdeling: Wegen, ondergrond & water
Interviewer: Cindy Braat (Deltares)

Verleden en ontwikkelingen in Dordrecht op het gebied van grondwaterbeheer

Verleden

Vroeger had Dordrecht veel onverharde oppervlakten waar regenwater via de natuurlijke weg infiltreerde naar het grondwater (en zo het peil in stand hield) en via sloten ontwaterde. Werd het niveau van het oppervlaktewater verhoogd of verlaagd, dan verhoogde of verlaagde de grondwaterstand ook.

Ontwikkelingen

In de tijd zijn landweggetjes vervangen door wegen. Er zijn riolen in de stad aangelegd. De wegen werden verhard en het hierop vallende regenwater direct afgevoerd naar riool. Stoepen worden aangelegd en ook tuinen raken meer verhard door het aanleggen van terrassen enz. Ook het hier vallende regenwater wordt samen met het water dat op het dak valt direct afgevoerd naar het riool. Aangeplante bomen groeien en worden groter. In de tijd dat de boom is gegroeid, is ook de transpiratie van de boom groter geworden en heeft zo ook meer vocht nodig waardoor ter plaatse de grondwaterstand is verlaagd.

Sloten worden gedempt voor woningbouw en obstakels worden in de grond aangelegd (tunnels, damwanden enz.). Dit alles zorgt ervoor dat het grondwater minder aangevuld wordt en de vrije loop verhinderd. Daardoor is het oppervlaktewaterpeil van veel minder invloed op de grondwaterstand (door alle invloeden en obstakels) dan vroeger.

Recent verleden tot nu

In het recente verleden is er een omslag geweest van zo snel mogelijk afvoeren van regenwater naar het vasthouden, bergen en dan pas afvoeren.

Echter in Dordrecht is het vasthouden en bergen van regenwater door bijvoorbeeld infiltreren door de bodemopbouw moeizaam (uiteindelijk komt het niet verder door de afsluitende kleilaag tussen de watervoerende pakketten). Infiltratie wordt in Dordrecht wel toegepast maar dan moet altijd grondwater afgevoerd (drainage) worden (anders zou het grondwater weer overlast veroorzaken). Het waterplan beschrijft het beleid voor oppervlakte water. Voor grondwater is er nog geen officieel vastgesteld beleid.

Huidige situatie Dordrecht

Overlast

De gemeente Dordrecht tracht grondwateroverlast zoveel mogelijk te voorkomen om verscheidene redenen. Ten eerste, een hoge grondwaterstand is slecht voor de funderingen van de wegen. Ten tweede, worden bij een hoge grondwaterstand onverharde oppervlakken drassig. Ten derde, bij particulieren is grondwater in de kruipruimte niet wenselijk. De gemeente pakt dit aan door, indien nodig (n.a.v. grondwateronderzoek), in de straat (openbaar gebied) drainage aan te leggen om zo de grondwaterstand te beïnvloeden. Het aanleggen van drainage vindt altijd plaats bij andere projecten (meeliften met rioolvervangings- en herinrichtingen e.d.).

Dat wil niet zeggen dat drainage in de straat de problemen in de kruipruimte altijd oplost. Door bodemopbouw is het effect van openbare drainage niet altijd effectief. (Bijvoorbeeld bij een slecht doorlatende bodem)

Prioriteit van de gemeente Dordrecht gaat niet uit naar natte kelders en optrekkend vocht in muren van oudere huizen. Kelders dienen waterdicht te zijn. Het optrekkende vocht in muren wordt gezien als bouwkundig gebrek. De natte kelders en optrekkend vocht zijn de verantwoordelijkheid van de eigenaar.

Onderlast

Onderlast in Dordrecht brengt zetting met zich mee en houtenfunderingspalen rot. Funderingen kunnen ook door andere oorzaken problemen geven (door te ondiep te heien, te weinig palen, negatieve kleeft).

Zettingen bij bebouwing worden in Dordrecht veroorzaakt door de heterogeniteit van de bodem (slappe bodem: veen en klei en stevige bodem: zand), ongelijkmatige belasting van gebouwen, bemaling in de omgeving en grondwaterstandsveranderingen. Door zetting treedt soms in Dordrecht schade aan leidingen op.

De extra zetting van gebouwen en leidingen in Dordrecht, kan het instabiel worden van een constructie van een huis tot gevolg hebben of er wordt schade opgelopen aan leidingen. De schade wordt veroorzaakt door zijn veroorzaakt door waterstandsveranderingen in verloop van tijd, ongelijkmatige belasting, door de heterogeniteit van de bodem (slappe bodem: veen en klei en stevige bodem: zand) en/of bemaling in de omgeving. Grondwaterstandsverandering wordt o.a. veroorzaakt door:

- Beplanting en bestrating in tuinen in de tijd
- Dempens sloten
- Omdat het hemelwater niet meer geïnfiltreerd wordt in de grond, maar een speciaal afvoerleidingensysteem heeft in Dordrecht vanwege een ondoorlatende bodem.

Door grondwaterstandsverandering in de tijd zijn niet alleen gebouwen gaan zetten, maar ook houten paal funderingen ondervinden hier schade door. De palen gaan rotten als ze boven de grondwaterstand uit komen.

In Dordrecht wordt zoveel mogelijk houtenpalen rot voorkomen. Na uitgebreide funderingsonderzoeken in het aandachtsgebied zijn drie categorieën ontstaan:

- A fundering is goed (niets doen)
- B fundering is slecht (eigenaren moeten dit herstellen)
- C fundering is goed maar grondwaterstand (soms) laag.

Voor categorie C is in 2008 een grondwaterpilot gestart om lokaal grondwaterstandsverhoging toe te passen (vaak op particulier terrein). De gemeente faciliteert en legt alleen benodigde aanvoleidingen in openbaar gebied aan (indien effectief en technisch- en financieel haalbaar). Deze pilot wordt geëvalueerd en vormt de basis van het nieuwe GRP (Gemeentelijk Riolerings Plan) (zie waterbeleid).

Combinatie staalfundering en houtenpaalfunderingen binnen een wijk.

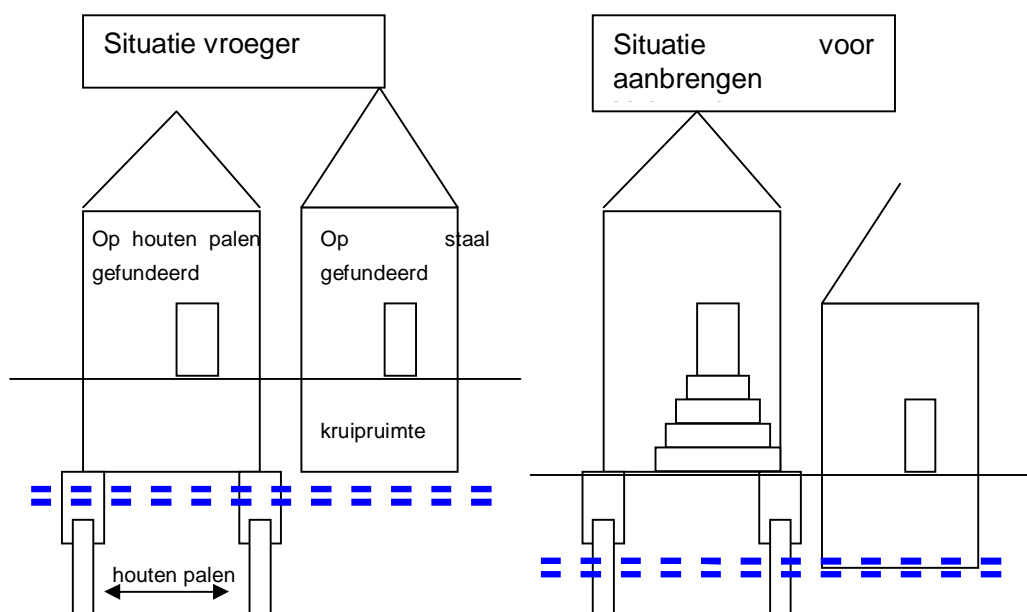
In 1 project is zowel infiltratie als drainage toegepast met kleidammen. In Dordrecht zijn er huizenblokken die naast elkaar gebouwd zijn in dezelfde straat, waarbij het ene huis op houten palen is gefundeerd en het andere huis op staal. In de tijd is het maaiveld gaan zakken. Het op staal gefundeerde huis is mee gezakt terwijl het op palen gefundeerde huis nagenoeg op voormalige maaiveldhoogte is blijven staan. De effecten van deze verschillende funderingen in de tijd kunnen als volgt zijn:

Situatie vroeger (Figuur A.1):

Geen water in de kruipruimte bij het huis op staal gefundeerd en geen houten palen boven het grondwater van de naast liggende woning. Dus geen palen rot en een droge kruipruimte.

Situatie naar verloop van tijd (voor aanbrengen kleiwand) (Figuur A.1):

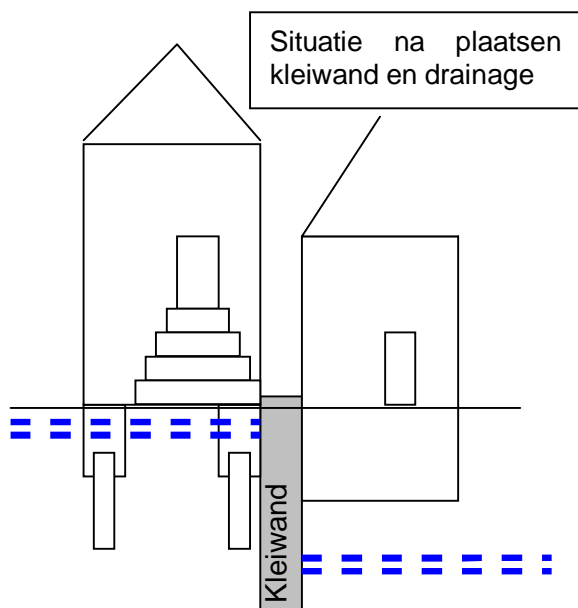
In de tijd is het maaiveld gaan zakken. Het op staal gefundeerde is huis mee gezakt terwijl het op palen gefundeerde huis nagenoeg op voormalige maaiveldhoogte is blijven staan. Doordat de grondwaterstand in de loop der tijd is veranderd ontstaat de volgende situatie: Bij het huis op staal gefundeerd kan water staan in de kruipruimte (overlast) en de houten palen van het in de buurt liggende huis kunnen boven de grondwaterstand uit komen (onderlast). Zodra de houten palen boven het grondwater komen gaan ze rotten en kunnen uiteindelijk tot instabiliteit van het huis zorgen.



Figuur A.1 Op houten palen gefundeerde huis en op staal gefundeerde huis in dezelfde straat vroeger en voor het aanbrengen van een kleiwand. Zetting treedt op in de tijd en zakking van de grondwaterspiegel. En het huis op staal zakt tot de grondwaterspiegel en de houten fundering van het andere huis komt boven de grondwaterspiegel uit.

Toegepaste oplossing (Figuur A.2):

Er is drainage aangelegd en een kleiwand tussen beide huizenblokken geplaatst waardoor de grondwaterstand voor beide huizen blokken apart geregeld kan worden: de grondwaterstand voor huizenblok met houten palen wordt omhoog gebracht (infiltratie van oppervlaktewater) en de grondwaterstand aan de zijde met huizen met kruipruimte wordt omlaag gebracht (drainage). Hierdoor staat er geen water meer in de kruipruimte (of kelder) en staan de houten palen van het huis van de burens onder water waardoor er geen aantasting plaats vindt. De gemeente Dordrecht is hier tevreden over.



Figuur A.2 *Ter voorkoming van het rotten van de palen wordt een kleiwand geplaatst en wordt in beide gevallen de grondwaterstand lokaal aangepast aan de funderingen.*

Voor foto's van voorbeelden van verzakte huizen op staal en nagenoeg niet verzakte huizen op palen in Dordrecht zie einde van dit verslag.

In een deel van de wijk wordt in droge perioden (als de palen droog zouden vallen) water geïnfiltreerd en in natte perioden gedraineerd. De houtenpaalfunderingen blijven zo onder water maar kruipruimtes blijven ook droog.

In openbaar gebied worden de grondwaterstanden daar redelijk op orde gehouden. Dat wil niet zeggen dat alle palen op particulier gebied nu altijd onder water staan. Maatregelen in de straat hebben een soms door bodemopbouw beperktere invloed op de grondwaterstand van de achterste palen. Particulieren kunnen op de openbare voorzieningen aansluiten en zelf op eigen terrein maatregelen nemen (hoe dichterbij de palen hoe groter het effect).

Waterbeleid

Het oppervlaktewater is beschreven in het stedelijk waterplan Dordrecht (2^e plan wordt in 2009 vastgesteld).

Het grondwaterbeleid (en afkoppelbeleid) is beschreven in de nota grondwater, afvalwater en afkoppelen (wordt vastgesteld in 2009). In 2010 zal het grondwater- en afkoppelbeleid samen met het afvalwaterbeleid opgenomen worden in een verbreed GRP.

Voor meer informatie over de huidige situatie in Dordrecht zie tabel A.2 kolom 2.

Effecten bij verhoging en verlaging grondwaterstand

Effecten beoordeling

Effecten van het waterbeheer in stedelijk gebied

Effecten
van het
waterbe-
heer in
stedelijk
gebied

Het doel van dit project is: Het uitdenken van mogelijke financieel schade instrumentaria voor steden binnen Nederland die gekoppeld kan worden aan de uitkomsten van grondwatermodellen.

Hierbij zullen verschillende factoren worden ingevoerd. De ene factor zal zwaarder wegen dan de andere. De vraag is welke waarde je moet toekennen aan een factor. Daarom wordt er tijdens het interview ook al vast gevraagd welke factoren de gemeentes belangrijk vinden en welke niet of minder belangrijk zijn bij 20 cm verhoging en verlaging van de grondwaterstand.

Waterstandsverhoging:

Verhoging van de grondwaterstand brengt de volgende effecten met zich mee in Dordrecht:

- Door waterstandsverhoging is er meer wateroverlast in tuinen en parken. De wateroverlast in tuinen en parken, worden als belangrijk effect gewaardeerd door de gemeente Dordrecht.
- De verhoging is nog belangrijk voor wegen, omdat dit meer schade aan kan richten aan de funderingen van wegen dan aan parken. Er zullen ook meer wegen opgaan vriezen bij waterstandsverhoging.
- Bij verhoging van de grondwaterstand zal een te kort aan ontwateringsmiddelen ontstaan. Dit wordt als een belangrijk effect gewaardeerd door de gemeente Dordrecht.

Waterstandsverlaging:

Verlaging van de grondwaterstand brengt de volgende effecten met zich mee in Dordrecht:

- Bij waterstandsverlaging zullen tuinen en parken minder drassig zijn. Dit wordt door de gemeente Dordrecht als een minder belangrijk, maar positief effect gewaardeerd.
- Cultuurhistorische waarde van het straatbeeld kan veranderen door scheefzakkende huizen bij waterstandsverlaging.
- Bij waterstandsverlaging zal er ongelijkmatige zetting op gaan treden, hierdoor kunnen leidingen gaan beschadigen. Beschadigen van leidingen wordt als minder belangrijk gezien, omdat dit minder zal voorkomen.
- Tevens bij waterstandsverlaging zal er ongelijkmatige zetting op gaan treden van wegen en door ongelijkmatige zetting kunnen leidingen gaan beschadigen. Ongelijkmatige zetting van wegen wordt als belangrijk ervaren door de gemeente Dordrecht.
- Bij verlaging van de grondwaterstand komen er minder kruipruimtes en kelders onder de grondwaterstand te staan.

Effecten van grondwaterstandsverhoging en verlaging in de binnenstad en buitenwijken

De stad is globaal in drie delen te verdelen:

- Binnenstad:
 - in de binnenstad is het grondwater hoog onder invloed van de rivier de Merwede, dus weinig last van zetting of rottende houten palen
 - als men in de binnenstad de grondwaterstand verhoogt dan komen er waarschijnlijk meer kruipruimtes en kelders continu of tijdelijk onder water te

staan, doordat de bodem van water doorlatend kelders en/of de bodem van de kruipruimtes voor een deel onder de grondwaterspiegel komen te liggen (continu of tijdelijk)

- Buitenwijken met extra funderingsaandacht:
 - het aandachtsgebied funderingsproblematiek (veelal houten palen, ouder deel, vooroorlogs):
 - extra paalrot
 - optreden van zetting bij verlaging van de grondwaterstand
- De rest van de Buitenwijken (veelal gefundeerd op betonnen palen of hout met betonopleggers):
 - Bij verhoging ontstaan er natte kruipruimtes, wateroverlast voor wegen en parken worden drassig. Verhoging brengt meer problemen met zich mee in dit gebied dan verlaging.

Voor meer informatie over effecten en waardering bij verandering van de grondwaterstand in Dordrecht zie tabel A.2 kolom 3 t/m 6.

Suggesties en Tips

Grontmij heeft een keer voor de gemeente Dordrecht met GIS een kaart gemaakt waarbij gebieden blauw kleuren wanneer er te weinig ruimte zit tussen gebouwen en de grondwaterspiegel en tussen de wegen en de grondwaterspiegel. Maaiveld werd ingevoerd en grondwaterstand.

In het instrumentarium dat ontworpen moet worden voor de effecten van stedelijk waterbeheer is het handig om een waterbalans op te maken. Hierbij moet ook gedacht worden aan onderscheid te maken tussen uittredend en intredend water in een lekkende riolen. Voor grondwater kunnen riolen soms een drainerend effect hebben. Als er water uit riolen stroomt, is dit direct merkbaar (er valt een gat in de straat). Dat kan dan direct worden opgelost door reparatie.

Type	1	Verhoging gws met 20 cm	Waardering effect	Verlaging gws met 20 cm	Waardering effect
Maaiveld (Meters + NAP)	0 tot 7				
Gemiddelde kenmerken op volgorde in de eerste 20 m	-Zand				
	-Veen /klei -zand				
Onderzochte steden	*Dordrecht				
<u>Problemen voor bebouwing</u>					
<u>Zetting:</u>					
*schade aan gebouwen				X	
Veroorzaakt door:					
-heterogeniteit bodem	X				

-ongelijkmatige belasting gebouw	x				
-bij- en aanbouwen	x				
-bemaling in de omgeving	x				
-grondwaterstands-verandering	x				
Aantasting houten funderingen, bouwelementen en overige bouwelementen:					
*schade aan gebouwen veroorzaakt door:				X	
-Waterstands verlaging te zijner tijd veroorzaakt door: extra beplanting en bestrating in de tijd, hemel water afvoersysteem	x				
-waterstand verlaging					
Wateroverlast in woningen					
*water in kruipruimtes	x	x		Positief	
*lekkage kelders					
Veroorzaakt door:					
-slecht rioleringsstelsel, die bij hevige regenval niet snel het regenwater afvoert					
-op kwellend water in kelder en kruipruimtes door de hoge druk/stand van het grondwater	x	x			
-te laag gebouwde woningen					
-slecht doorlatende ondergrond	x	x			
-Toename neerslag					
-stopzetting/afname grondwaterwinning					
-opstuwend water door kleischotten/obstakels					
Problemen voor infrastructuur					
Tunnels:					
*lekkage					
*water op wegdek					
Veroorzaakt door:					
-slechte afvoer grondwater uit tunnel					
-zeer hoge grondwater druk door heterogene bodem					
*instabiele constructie					
Veroorzaakt door:					

-zetting (zie oorzaken voor zetting)					
Wegen/verharde oppervlakken:					
*Opvriezen, water op de weg Veroorzaakt door:					
-hoge grondwaterstand		x	belangrijk	Positief	
-slechte afvoer regenwater		x	belangrijk	Positief	
*Verzakking, kanteling Veroorzaakt door:					
-zettingen (zie oorzaken voor zetting)				X	belangrijk
-ongelijkmatige zettingen				X	belangrijk
Leidingen:					
*Schade aan leidingen door zettingen Veroorzaakt door:				X	Minder belangrijk
-zettingen	x			X	
Tuinen, parken, natuur en onverharde oppervlakken:					
*Wateroverlast beplanting/begraafplaatsen *Drassigheid *Overstroming Veroorzaakt door:			belangrijk	Positief	
-hoge grondwaterstand	x	x			
-kwel/ opbarsting bovenlaag					
-stopzetting grondwaterwinning					
-toenemende regenval	x				
Slecht doorlatende laag	x	x			
-slechte afvoer bij hevige regenval	x	x			
*Wateronderlast beplanting, *maaiveld verzakking *droogvallen spengbekken *cultuurhistorische waarde verdwijnt Veroorzaakt door:			positief	X	Minder belangrijk
-zetting	x				
-lage grondwaterstand	x				
Waterstelsels (oppervlakte water, grondwater en riolering):					

<p>*grond/ oppervlaktewatervervuiling *verontreinigd slib *waterkwaliteit in de binnenstad is gelijk aan dat van het boezem water Veroorzaakt door:</p>					
-Overstort bij hevige regenval	x				
-water van de binnenstad in open verbinding met het boezemwater					
-microverontreinigd-boezemwater (verontreinigd bagger)	x			X	
-lekkage van rioleringsstelsels					
-te weinig sanering van bovenstroomlozingen en diep verontreinigd grondwaterwater					
-Uitloging bouwmaterialen					
-meststoffen					
-onkruid bestrijdingsmiddelen					
-natuurlijk arseen					
-verkeer					
-watervogels	x				
<p>*slechte afvoer regenwater/rioolwater bij hevige regenval *slechte talud/kade stabiliteit *dicht slibben waterwegen *boezemwater in de stad *waterniveau in de binnenstad is gelijk aan boezemwater en fluctueert hierdoor Veroorzaakt door:</p>					
-achterstallig baggeronderhoud					

-te weinig capaciteit van rioleringstelsels en bufferbassins					
-achterstallig onderhoud afvoerstelsel.					
-niet hoge genoeg afvoercapaciteit van gemalen					
Rivier water direct in contact met grondwater					
-te weinig ontwateringsmiddelen		x	belangrijk		
-te lage of te weinig waterkeringen					
Ondiepe keileemlagen					
-water van de binnenstad in open verbinding met het boezemwater					
*overstroming rivier Veroorzaakt door:					
-onvoldoende berging voor rivier in stromingsgebied gecreëerd.					
*water tekort in vijvers *Cultuurhistorisch waarde verdwijnt Veroorzaakt door:					
-diepe grondwater stand en snelle afvoer					

Tabel A.2 Gegevens situatie nu in Dordrecht naar de opinie van de Gemeente Dordrecht met de waarde die er aan gehecht wordt door de gemeente Dordrecht en bij verandering van de grondwaterstand (gws).

In zo'n soort situatie als op figuur A.3 t/m A.5 bestaat er een kans dat huizen die naast elkaar liggen te maken krijgen met houten palen rot en kruipruimtes die te veel vocht of te langdurig vocht bevatten.

Toegepaste oplossing: verschillende grondwaterstanden in een straat (door kleiwanden).
Foto's gemeente Dordrecht, gemaakt door J. (Han) van Eijnsbergen figuur A.3 t/m A.5.



Figuur A.3 Huizen in Dordrecht met verschillende funderingstypen naast elkaar in de straat met verschillende zakking na verloop van tijd. De verhoging naar de voordeur bij het huis op palen is ontstaan doordat het huis niet is meegezakt met het maaiveld. Bron: Gemeente Dordrecht.



Figuur A.4 Huizen in Dordrecht met verschillende funderingstypen naast elkaar in de straat met verschillende zakking na verloop van tijd. De verhoging naar de voordeur bij het huis op palen is ontstaan doordat het huis niet is meegezakt met het maaiveld. Bron: Gemeente Dordrecht.



Effecten van het waterbeheer in stedelijk gebied

Effecten
van het
waterbe-
heer in
stedelijk
gebied

Figuur A.5 Huizen in Dordrecht met verschillende funderingstypen naast elkaar in de straat met verschillende zakking na verloop van tijd. De verhoging naar de voordeur bij het huis op palen is ontstaan doordat het huis niet is meegezakt met het maaiveld. Bron: Gemeente Dordrecht.

A.3 Gemeente Maastricht**Vraaggesprek met de gemeente Maastricht met betrekking tot waterbeheer in Maastricht**

Datum interview: 19 mei 2008
 Geïnterviewde personen: G. (Gerard) Wijnands en B. (Bjorn) Vink
 Bedrijf: Gemeente Maastricht
 Interviewster: Cindy Braat (Deltares)

Huidig situatie Maastricht**Bodem, zetting en grondwaterstroming**

De bodem van Maastricht bestaat uit; een laag leem met löss, dan ongeveer negen meter klei en/of grind en vervolgens 11- 12 meter kalksteen. Zie voor dwarsdoorsnede van de bodem Maastricht figuur A.6 en A.7.

Onder Maastricht is artesisch water aanwezig van 25 graden met 12 meter overdruk van voormalig carboon zee water met 60 m + NAP stijghoogte. Grondwaterstand in Maastricht oost is kunstmatig verlaagd door waterwinning.

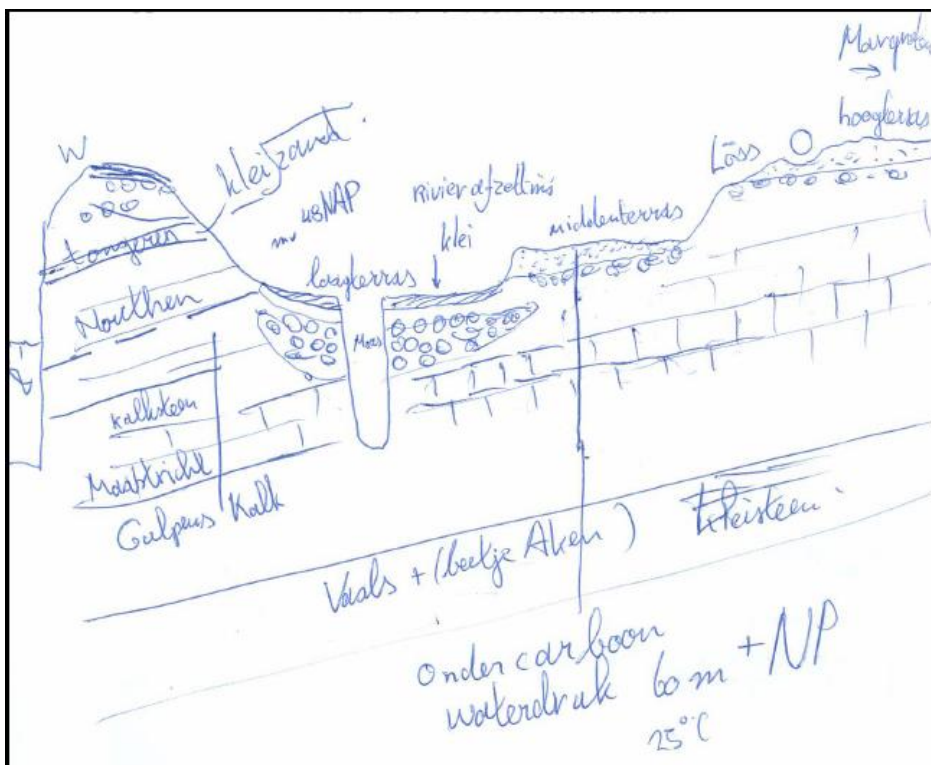
De kade van de Maas ligt op een zeer doorlatend zwerfkeien pakket (het grind heeft een kD waarde van 5000 tot 10000). Hierdoor schommelt de grondwaterstand mee met de hoogte van de waterstand in de Maas. Hierdoor kan bij een hoge waterstand in de Maas:

- Wateroverlast ontstaan in kruipruimte en kelders in de lager gelegen gebieden
- Kan voor verminderde afvoer van grondwater leiden richting de Maas
- Er kan overstroming plaats vinden in bewoond gebied. De oorzaak hiervoor is dat er onvoldoende berging voor de rivier in het stromingsgebied is gecreëerd.

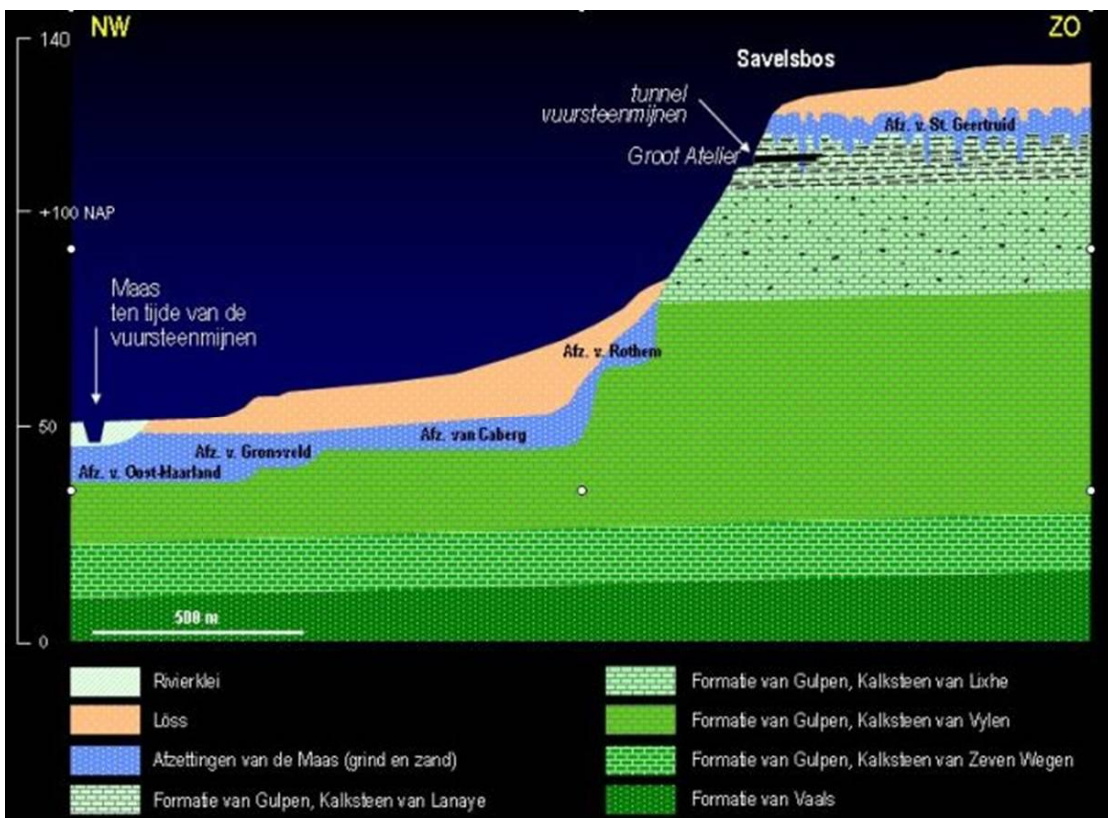
Wateroverlast kan ook veroorzaakt worden door kleilenzen in de bodem die plaatselijk schijngrondwaterstand (hangwater) veroorzaakt. De structuur van löss is vaak goed doorlatend, maar wanneer men deze grondsoort zwaar belast, wordt de structuur bedorven en slaat deze dicht en ontstaat er een water afdichtende laag. Wanneer de belasting weg is zal de structuur zich langzaam herstellen. Löss heeft een goede capillaire werking en zuigt hierdoor veel water omhoog. In Maastricht is er plaatselijk ook veen aanwezig. Toen de Maas nog veel uitzijn oevers trad ontstonden er op verschillende plaatsen veen

Zetting in hoog gelegen Maastricht kan ontstaan door karst verschijnsel: leem/kalksteen lost op door zure regen en er ontstaan grotten in de bodem. In het gebied van de Sint Pieters berg komt dit voor. De grotten ontstaan in het bovenste gedeelte van het kalksteen door erosie. In het lagere gedeelte van de kalksteenlaag is het grondwater verzadigd met kalk. Er zal daardoor geen kalk uitspoeling plaats vinden en er zullen geen karst verschijnselen optreden. Water met verschillende chemische samenstelling kan bij elkaar komen door

scheuren in kalksteen. Dit kan chemische reacties veroorzaken waarbij zuur ontstaat die de kalk oplossen, waardoor holtes kunnen ontstaan in het kalksteen onder de grondwaterstand. Zettingen kunnen in dit gebied ook plaats vinden door aardbevingen.



Figuur A.6 Schets dwarsdoorsnede van west naar oost-Maastricht met carbonwater



Effecten van het waterbeheer in stedelijk gebied

Effecten van het waterbeheer in stedelijk gebied

Figuur A.7 Schets dwars doorsnede van noordwest naar zuidoost vanuit de Maas in Maastricht naar het Savelsbos

Funderingen palen

Er zijn gebieden waar gebouwen op houten palen staan, maar hier is geen last van paalrot. Veelal wordt er in Maastricht op staal gefundeerd.

Funderingen kelders

Vroeger kwam het voor dat er met een timmermansoog de diepte van de te bouwen kelder werd bepaald. Bij oude huizen komt het daarom ook vaak voor dat de oude kelders (te) diep zijn gebouwd in de zomer, omdat dan diepte van de kelder wordt geschat aan de hand van de lager gelegen grondwaterstand. Dit heeft als gevolg dat in de winter wel water in de kelder staat.

Er is minimale lekkage van een parkeerkelder in Maastricht, maar mocht er meer water door de Maas gaan stromen dat kan de bodem van de parkeerkelder op gaan barsten.

Waterkwaliteit

De waterkwaliteit wordt aangetast in Maastricht door de volgende omstandigheden:

- Het Maaswater is verontreinigd
- De kasteelvijvers bevatten verontreinigde bagger
- Er zijn saneringslocaties aanwezig in Maastricht waar o.a. DNAPL in de bodem zit door chemische wasserijen
- Sommige gebieden zijn opgehoogd met mest, waardoor verontreiniging door meststoffen is ontstaan. Vaak wordt bij voorbereiding voor bebouwing de bovenste laag die meststoffen bevat weg gehaald en opgehoogd met een ander bodem soort
- Uitloging van bouwmaterialen vindt plaats
- De waterkwaliteit wordt aangetast door onkruid bestrijdingsmiddelen
- Het verkeer
- Door de uitwerpselen van schildpadden in vijvers in de stad
- Er komen verontreinigde nitraat gassen van uit omliggende industrie gebieden naar Maastricht. Die dalen in en om Maastricht waardoor lucht en water vervuiling in Maastricht ontstaat.

Effecten bij verhoging en verlaging grondwaterstand

Effecten beoordeling

Het doel van dit project is: Het uitdenken van mogelijke financieel schade instrumentaria voor steden binnen Nederland die gekoppeld kan worden aan de uitkomsten van grondwatermodellen.

Hierbij zullen verschillende factoren worden ingevoerd. De ene factor zal zwaarder wegen dan de andere. De vraag is welke waarde je moet toekennen aan een factor. Daarom wordt

Effecten van het waterbeheer in stedelijk gebied

Effecten
van het
waterbe-
heer in
stedelijk
gebied

er tijdens het interview ook al vast gevraagd welke factoren de gemeentes belangrijk vinden en welke niet of minder belangrijk bij 20 cm verhoging en verlaging van de grondwaterstand.

Grondwaterstandsverlaging

Bij grondwaterstandsverlaging zal water te kort ontstaan in de landgoederen zone. Er zijn hier al problemen met een te lage grondwaterstand. (o.a. fundering). Bij grondwater verlaging zouden beuken en linden het misschien wat moeilijker krijgen.

Water tekort in vijvers en cultuurhistorisch waarde verdwijnt door een diepe grondwaterstand en snelle afvoer in de landgoederen zone.

Grondwaterstandsverhoging

Grondwaterstandsverhoging kan extra wateroverlast opleveren in kelders en kruipruimte in lager gelegen gebieden waarbij het grondwater in contact staat met het rivierwater tijdens hoogwater. Dit wordt een minder belangrijk effect gevonden. Bij grondwaterstandsverhoging is er meer kans van opbarsting in de boven laag bij onverharde oppervlaktes. Bij grondwaterstandsverhoging kunnen er meer overstromingen van de rivier plaats vinden, omdat er onvoldoende berging is bij hoogwater. De mate waarin de grondwaterstandsverandering optreedt, is wel belangrijk, 20 cm verhoging van de grondwaterstand zal weinig uitmaken en hierdoor wordt dit ook een minder belangrijk effect gevonden. De waterwinning kan beter doorgaan, want anders wordt bij de toekomstige tunnel het grondwater extra omhoog gestuwd.

De gegevens van de huidige situatie en bij waterstandsverandering zijn tevens in tabel A.3 verwerkt.

Type	1	Verhoging gws 20 cm	Waardering effect	Verlaging gws 20 cm	Waardering effect
Maaiveld (Meters + NAP)	0 tot 7				
Gemiddelde kenmerken op volgorde in de eerste 20 m	-Leem				
	-Grind/Klei				
	-Kalksteen				
Onderzochte steden	*Maastricht				
Problemen voor bebouwing					
Zetting:					
*schade aan gebouwen					
Veroorzaakt door:					
-heterogeniteit bodem					
-ongelijkmatige belasting gebouw					
-bij- en aanbouwen					
-bemaling in de omgeving					
-grondwaterstandsverandering					
-Aardbevingen	x				

Effecten van het waterbeheer in stedelijk gebied

Effecten van het waterbeheer in stedelijk gebied

Karst verschijnsel	x				
Aantasting houten funderingen, bouwelementen en overige bouwelementen:					
*schade aan gebouwen veroorzaakt door:					
-waterstand verlaging					
Wateroverlast in woningen					
*water in kruipruimtes *lekkage kelders Veroorzaakt door:					
-slecht rioleringsstelsel, die bij hevige regenval niet snel het regenwater afvoert					
-op kwellend water in kelder en kruipruimtes door de hoge druk/stand van het grondwater					
-te laag gebouwde woningen					
-slecht doorlatende ondergrond					
-Toename neerslag					
-stopzetting/afname grondwaterwinning					
-opstuwend water door kleischotten/obstakels					
-Hoogwater in de rivier die direct in contact staat met grondwater waardoor lager gelegen gebieden water overlast krijgen in kruipruimtes en kelders.	x	x	Minder belangrijk.		
Problemen voor infrastructuur					
Tunnels:					
*lekkage *water op wegdek Veroorzaakt door:					
-slechte afvoer grondwater uit tunnel					
-zeer hoge grondwater druk door heterogene bodem					
*instabiele constructie Veroorzaakt door:					
-zetting (zie oorzaken voor zetting)					
Wegen/verharde oppervlakte:					

*Opvriezen, water op de weg					
Veroorzaakt door:					
-hoge grondwaterstand					
-slechte afvoer regenwater					
*Verzakking, kanteling					
Veroorzaakt door:					
-zettingen (zie oorzaken voor zetting)					
-ongelijkmatige zettingen					
Leidingen:					
*Schade aan leidingen door zettingen					
Veroorzaakt door:					
-zettingen					
Tuinen, parken, natuur en onverharde oppervlakten:					
*Wateroverlast beplanting/begraafplaatsen					
*Drassigheid					
*Overstroming					
Veroorzaakt door:					
-hoge grondwaterstand					
-kwel/ opbarsting bovenlaag		x			
-stopzetting					
grondwaterwinning					
-toenemende regenval					
Slecht doorlatende laag					
-slechte afvoer bij hevige regenval (bv. overstort)					
*Wateronderlast beplanting,					
*maaiveld verzakking					
*droogvallen spengbekken					
*cultuurhistorische waarde verdwijnt					
Veroorzaakt door:					
-zetting					
-te lage grondwaterstand				x	
Waterstelsels (oppervlakte water, grondwater en riolering):					

<p>*grond/ oppervlaktewatervervuiling *verontreinigd slib *waterkwaliteit in de binnenstad is gelijk aan dat van het boezem water Veroorzaakt door:</p>					
-Overstort bij hevige regenval					
-water van de binnenstad in open verbinding met het boezemwater					
-microverontreinigd-boezemwater (verontreinigd bagger)	x				
-lekkage van rioleringstelsels					
-te weinig sanering van bovenstroomlozingen en diep verontreinigd grondwaterwater	x				
-Uitloging bouwmaterialen	x				
-meststoffen	x				
-onkruid bestrijdingsmiddelen	x				
-natuurlijk arseen					
-verkeer	x				
-watervogels/ schildpadden	x				
<p>*slechte afvoer regenwater/rioolwater bij hevige regenval *slechte talud/kade stabiliteit *dicht slibben waterwegen *boezemwater in de stad *waterniveau in de binnenstad is gelijk aan boezemwater en fluctueert hierdoor Veroorzaakt door:</p>					
-achterstallig baggeronderhoud					
-te weinig capaciteit van rioleringstelsels en bufferbassins					

-achterstallig onderhoud afvoerstelsel.					
-niet hoge genoeg afvoercapaciteit van gemalen					
Rivier water direct in contact met grondwater	x				
-te weinig ontwateringmiddelen					
-te lage of te weinig waterkeringen					
Ondiepe keileemlagen					
-water van de binnenstad in open verbinding met het boezemwater					
*overstroming rivier Veroorzaakt door:					
-onvoldoende berging voor rivier in stromingsgebied gecreëerd.	x	x	Minder belangrijk 20 cm zal weinig uitmaken		
*water tekort in vijvers *Cultuurhistorisch waarde verdwijnt Veroorzaakt door:					
-diepe grondwaterstand en snelle afvoer	x				

Tabel A.3

Gegevens situatie nu in Maastricht naar de opinie van de gemeente Maastricht met de waarde die er aan gehecht wordt door de gemeente Maastricht.

B Extra suggesties

Historisch optredende zettingen zouden bijvoorbeeld ook ingevoerd kunnen worden naar aanleiding van een boutenboek als deze beschikbaar is.

Mogelijk kunnen er ook onderdelen die gebruikt zijn in de methoden bij de Delft Cluster projecten over de effecten bij stopzetting van de DSM onttrekking in Delft in deze methode toegepast worden of een (versimpelde) variant daarop, bijvoorbeeld de methode om zetting mee te bepalen en de methode waarmee de waterkwaliteit bepaald wordt. Meer informatie over de effecten analyse bij de stopzetting van de onttrekking van DSM in Delft is te vinden in de volgende rapporten:

- “Quickscan DSM-spoorzone: Verkenning van duurzame oplossingsrichtingen voor het waterbeheer in Delft en omgeving” GeoDelft/ IHE/TNO/ TU Delft/ WLJ Delft Hydraulics, (2005) (ref 1)
- Roelofsen, Frans et al. 2008. Grondwatereffecten aan de oppervlakte (gebracht). Onderzoek naar effecten van stopzetting grondwateronttrekking DSM Delft - Hoofdrapport. TNO Rapport 2008-U-R0960/A (ref 2a)
- Roelofsen, Frans et al. 2008. Grondwatereffecten aan de oppervlakte (gebracht). Onderzoek naar effecten van stopzetting grondwateronttrekking DSM Delft - Technisch rapport. TNO Rapport 2008-U-R1084/A (ref 2b).

Uit dit laatste rapport kan ook al een deel van ontstane kosten worden geschat bij effecten. In het rapport zijn kosten schattingen gedaan door schade experts.

Het model zo simpel mogelijk houden geeft waarschijnlijk ook meerwaarde, omdat bijvoorbeeld de onbetrouwbaarheid van bodemparameters in een gebied over het algemeen al groot is door de heterogeniteit van de bodem.

C Verhelpen en voorkomen van schade

In deze bijlage zijn de mogelijkheden beschreven en/of verwijzingen gedaan naar documenten, symposia en interviews voor het verhelpen en voorkomen van schade aan gebouwen en infrastructuur door grondwaterstandsveranderingen (water robuust bouwen).

C.1 Verhelpen

Maatregelen tegen optrekkend vocht en maatregelen tegen het vochttransport van de kruipruimte naar de woning.

Zie verslag: I.C.E van de Winckel, 9 juni 2005, "Maatregelen ter bestrijding van grondwateroverlast in bestaand stedelijk gebied" Capelle a/d IJssel. Tauw Rotterdam afdeling Stedelijk Gebied & Infrastructuur. Technische Universiteit Delft.

C.2 Voorkomen

Op deze wijze beschouwd kunnen een aantal oplossingsrichtingen in beschouwing worden genomen; dit er van uitgaande dat de woningbehoefte voorlopig zal groeien en de mobiliteitsvraag vooralsnog niet zal afnemen.

- Noodzakelijkerwijs steden en stadsuitbreidingen plannen in die gebieden die daar minder geschikt voor zijn, waarbij in grote lijnen de woningmarkt zodanig is ingericht dat wonen en werken met elkaar in overeenstemming moeten worden gebracht; stadsuitbreidingen worden zodoende ook in diepe polders gepland. (I)
- Als voren, doch oude binnensteden en/of natuurgebieden worden niet of minder ontzien. Dat wil zeggen (her)inrichting van oude stadskernen, wonen in de duinen zijn niet langer taboe. (II).
- De aanname dat men binnen een reisafstand van ca. een uur van het werk moet wonen wordt verlaten: c.q. het werk wordt naar de mens gebracht (IIIa/IIIb).

I

Ruimtelijk gezien wordt de Randstad verder gevuld. Waar grond vrijkomt wordt deze benut; de inrichting van de maatschappij gaat min of meer door langs de huidige lijnen waarbij agrarisch landgebruik steeds verder afneemt en 'witte vlekken' in de Randstad verder worden opgevuld. Ook de laaggelegen droogmakerijen komen daarbij aan bod. Juist in die gebieden zijn hoge grondwaterstanden, (zoute) kwel en neerslag belangrijke factoren die een rol spelen bij de waterhuishouding. In de bodem komen (dikke) slappe lagen voor.

Bouwrijp maken van deze gebieden leidt zodoende tot het nemen van zettingbeperkende of mitigerende maatregelen en gezien het geringe bergend vermogen boven de grondwaterstand is het noodzakelijk om maatregelen voor het bergen van neerslagoverschot te nemen.

II

Op het bouwen in de duingebieden en/of het herinrichten van oude binnensteden rusten taboes. Het algemene gevoelen bestaat dat de zeer oude binnensteden bewaard moeten worden, evenals de duingebieden. Desondanks kan men zich vragen stellen of:

Het behoud van de binnensteden in de huidige vorm op den lange duur haalbaar is; of de natuuraantasting in bv. de duinen opweegt tegen bv. het inrichten van natte natuur in het poldergebied (daar zouden dan bv. langdurige garanties t.a.v. het Groen Hart tegenover kunnen staan)

IIIa

Leidt tot een verdere verstedelijking van bv. Noord-Brabant, Gelderland en Utrecht en – in een later stadium – wellicht van geheel Nederland; dit kan alleen wanneer dit niet leidt tot verlenging van de reistijd in woon- werkverkeer (thuiswerken, snelle OV-verbindingen)

IIIb

Als IIIa met dien verstande dat ook activiteiten worden gespreid, waardoor de trek naar de Randstad op den duur afneemt.

Vooralsnog lijkt optie I voornamelijk te worden nagestreefd, waarbij optie III(b) in iets mindere maten optreedt.

Optie II, het herinrichten van oud-stedelijk gebied en bijvoorbeeld de duinen is onverkort nog een taboe.

In het project: Waterrobuust Bouwen wordt voornamelijk ingegaan op het bouwen voor leven op en aan het water; alternatieven zouden kunnen zijn:

- Hoe richten we het oude stadscentrum opnieuw in
- Hoe nemen we maatregelen waardoor de acceptabele marges groter worden
- Hoe richten we bv. een duingebied in of andere hooggelegen gronden.

Meer informatie over waterrobuust bouwen kunt u vinden in of op:

- Bijlage D: "Interview intern Deltares: Bouwrijp maken"
- Het boek: Ontwatering in stedelijk gebied, beter bouw en woonrijp maken (ISBN: 97-8-90-5367-466-6)
- Op de website verslag van 'middagsymposium duurzaam bouwrijp maken': http://www.geodelft.nl/files/files_org/Verslag_middagsymposium_duurzaam_bouwrijp_maken_311007-1.pdf
- Op de website met link naar verslag van 'middagsymposium Duurzame Hollandse Waterstad en Duurzaam Ophogen' : <http://www.deltares.nl/xmlpages/page/deltares/Evenementen/GeoCheck>
 - 12 november 2008 "Duurzame Hollandse Waterstad"
 - 26 november 2008 "Duurzaam ophogen"

D Interview intern Deltares: Bouwrijp maken

Datum interview: 20 augustus 2008
 Geïnterviewd persoon: Ellen Tromp
 Bedrijf: Deltares

Ons klimaat verandert. De mate waarin laat zich moeilijk voorspellen. Er zullen neerslagen vallen met hogere intensiteiten dan dat we hedendaags gewend zijn. Ook drogere perioden zullen vaker voorkomen. Door waterrobuust te bouwen is het mogelijk om onze leefomgeving beter bestand te maken tegen deze extremen.

Onze leefomgeving is niet op extreem natte en extreem droge perioden berekend. Zo kunnen onze huidige stedelijke omgevingen het water bij hevige neerslagen niet direct afvoeren, omdat de afvoersystemen hier niet op gedimensioneerd zijn. Ook kunnen er natte tuinen en kruipruimten ontstaan. In augustus 2002 ontstond ernstige regenwateroverlast in West-Brabant ten gevolge van hevige neerslag. Door de overvloedige regenval kwamen verschillende straten blank te staan en liepen diverse huizen en bedrijven onder water. Extreme droogte leidt weer tot andere problemen, waarop ons stedelijk gebied ook niet is berekend. Extra inklinkingen en opbarstingen van de bodem zijn een mogelijk gevolg.

Het waterpeil in de rivieren en zee kunnen stijgen. Ook kan er vaker neerslag met een hoge intensiteit vallen. Dit heeft ook invloed op het waterbeheer in Nederland, want hierdoor zullen oppervlakte- en grondwaterstanden stijgen. Meer water zal in sommige perioden afgevoerd moeten worden om het land droog te krijgen/houden. Dit kan tot problemen leiden. De vraag is: hoe kunnen we nu en in de toekomst het beste om gaan met al dat extra zee/rivier/regenwater? Op deze vraag gaat dit interview in.

Zetting

Elke belasting die men aanbrengt op de ondergrond, door woningbouw, lijninfrastructuur, auto's etc, heeft gevolgen voor de zettingen. In Nederland is er sprake van een zekere achtergrondzetting. Dit zijn natuurlijk zettingen, ten gevolge van inklinking (en oxidatie van veen) van de grond.

In het geval een huis wordt gebouwd op staal, dan zal de ondergrond ten gevolge van deze belasting extra gaan zetten (bij slappe lagen). Het is mogelijk dat door ongelijkmatige zettingen hierdoor schade kan ontstaan aan de woningen. In Nederland worden huizen veelal op palen gefundeerd. Hierdoor ziet men veelal dat de woningen nagenoeg zettingsvrij zijn, maar de omgeving (tuinen, wegen e.d., wel zakken) Het kan zijn dat bewoners in de loop der jaren een trappetje moeten maken om bij hun voordeur te kunnen komen.

Traditioneel wordt een terrein eerst bouwrijp gemaakt met behulp van zand. (integrale ophoging, partieel of cunettenmethode). In deze aangebrachte zandlaag kunnen ook de nutsvoorzieningen gelegd worden. De ondergrond (slappe lagen) zal samengedrukt worden ten gevolge van deze belasting. Bij het bereiken van een restzettingseis zal de bouw van de woningen gestart worden. Dit is een aantal cm in bijvoorbeeld 30 jaar.

Water overlast in kruipruimte

Effecten van het waterbeheer in stedelijk gebied

Effecten
 van het
 waterbe-
 heer in
 stedelijk
 gebied

Traditioneel gekeken, worden er in Nederland altijd huizen met een kruipruimte gebouwd. Ongewenst water in de kruipruimte kan leiden tot schimmels in huis.

Deze kruipruimten zijn niet strikt noodzakelijk. Huizen kunnen ook prima zonder kruipruimten gebouwd worden. Het voordeel van de kruipruimten is dat hier makkelijk de leidingen door getrokken kunnen worden. Bij kruipruimteloos bouwen worden leidingen in de vloer gegoten of worden er sleuven in de vloer gemaakt waardoor de leidingen lopen. Het voordeel van kruipruimteloos bouwen is ook dat er minder belasting op de ondergrond hoeft te worden aangebracht. Bij kruipruimteloos bouwen wordt er een waterondoorlatende vloer aangelegd, om te voorkomen dat water het huis kan binnendringen.

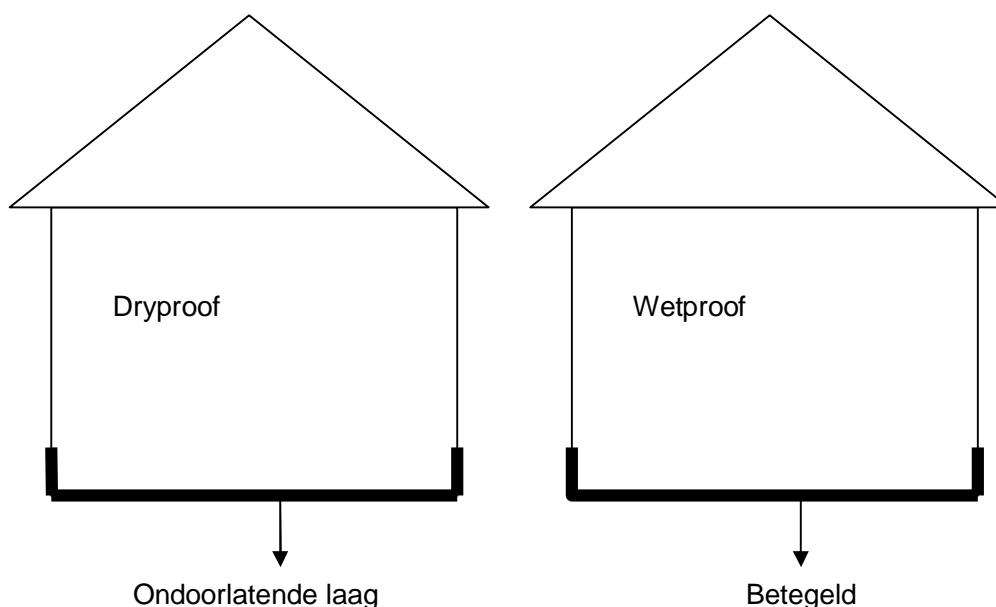
Er zijn verschillende mogelijkheden om water buiten het huis te houden. Hierbij valt te denken aan wet en dry proof woningen.

Dry proof: Gevel moet bijv. constructief bestand zijn tegen waterdruk

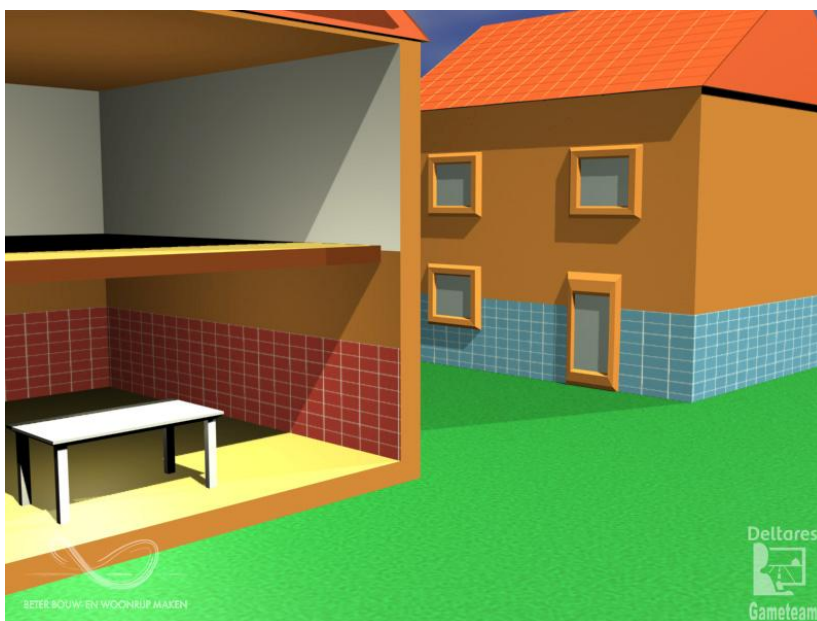
Wet proof: Water kan het huis binnentreden, maar de schade is beperkt

Een ondoorlatende muren en vloer toepassen in een huis heet dry-proof bouwen (Figuur D.2). Deuren die geen water doorlaten kunnen ook geleverd worden.

Het is ook mogelijk een huis bestendig te maken tegen overstromingen met een beperkte inundatiediepte (circa 80 cm). Hierbij worden de onderste gedeelten van de muren in huis betegeld. Dit heet een woning wetproof maken (Figuur D.1 en D.2). Als het water binnen heeft gestaan moeten alleen de tegels schoongemaakt worden. Tegen overstromingen in een uiterwaard kan wet-proof gebouwd worden of kunnen drijvende woningen worden gebouwd. In uiterwaarden kunnen ook speeltoestellen op de grond geplaatst worden die redelijk wet-proof zijn. Na een overstroming kan een nieuw likje verf worden aangebracht en ze kunnen weer gebruikt worden.



Figuur D.1 Dryproof (links) en Wetproof (rechts)



Figuur D.2 Visuele toelichting van dry-proof (rechts) en wet-proof (links) huis

Paalrot

Voorheen werden huizen gefundeerd op houten palen. Door schommeling van de grondwaterstand en een te lage grondwaterstand kunnen houten palen gaan rotten, omdat ze dan zowel met water als met zuurstof in contact komen. Door het rotten van de palen kan de fundering niet sterk genoeg meer zijn en kan het huis of de vloer scheefzakken, weg zakken of bezwijken. Om dit te voorkomen kunnen betonnen palen worden toegepast in plaats van houten.

Herstructurering

Bij herstructurering dient rekening gehouden te worden met veranderende randvoorwaarden, onder andere ten aanzien van de klimaatverandering. Er dient meer en zorgvuldiger rekening gehouden te worden met waterbuffering in een gebied. Water en groen in een wijk zorgen ook voor het verminderen van de hitte-effecten. Dit laatste is een aspect wat met de klimaatverandering een issue kan worden in de Nederlandse wijken. Waterbuffers zorgen ook voor demping van de fluctuaties in de waterstanden. Hierdoor kunnen de problemen met het grond- en oppervlaktewater voorkomen worden.

Als men een gedeelte van een wijk herinrichting dan dient de laatste kennis van afwatering en ontwatering toegepast te worden (state-of-the-art kennis). Dit kan wel voor extra waterdruk voor de omliggende gebieden zorgen, die nog niet op deze manier zijn aangelegd. Bij het ontwerp dient hier rekening mee gehouden te worden.

Extra water afvoer en opslag

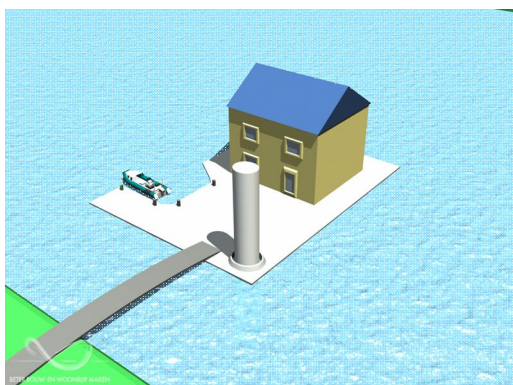
Bij water robuust bouwen wordt rekening gehouden met een hogere intensiteit buien door de klimaatsverandering. Voor geschikte aanpak van de afvoer en/of opslag van dit extra water kan gedacht worden aan:

- Waterbuffers aanleggen die nu en in de toekomst de waterpeilen op één niveau kunnen houden
- Een nieuwe waterafvoer aanpak zijn wadi's. Dit zijn bakken met grind vanaf het maaiveld tot aan een watervoerend pakket waar bomen in geplant worden langs de kant van de weg, deze voeren het water op straat af naar het watervoerende pakket.
- Voor extra wateropslag onder parkeerkelder worden kratten onder bijvoorbeeld een parkeerplaats gelegd om water op te slaan in tijden van hevige neerslag. Dit dempt de schommeling van de grondwaterstand.

Amfibische woningen

Bij uitbreidingen van dorpen en steden moeten we steeds vaker uitwijken naar gebieden die onze voorouders links lieten liggen omdat ze te laag, te nat en te slap waren om op te bouwen en in te wonen. De 'goede' grond is schaars als niet al vol. Op dit moment worden er wijken gebouwd in diepe slappe polders, als Westergouwe en de Zuidplaspolder. Goede bouwgrond is schaars.

Amfibische woningen zijn lichte gebouwen, geplaatst op drijvers, los geplaatst op hun fundering. (Figuur D.3) Ze liggen normaal op het maaiveldniveau en komen met het waterniveau omhoog bij extreme waterstanden. Hierdoor kunnen ze ook toegepast worden in veen gebieden of in de uiterwaarden. De amfibische woningen zijn duurzaam en voorkomen overlast. Er zijn zelfs drijvende wegen. Elektriciteitskastjes staan geplaatst boven het hoogste waterpeil. Het riool en de leidingen bij amfibische woningen is waterrobuust met flexibele aansluitingen.

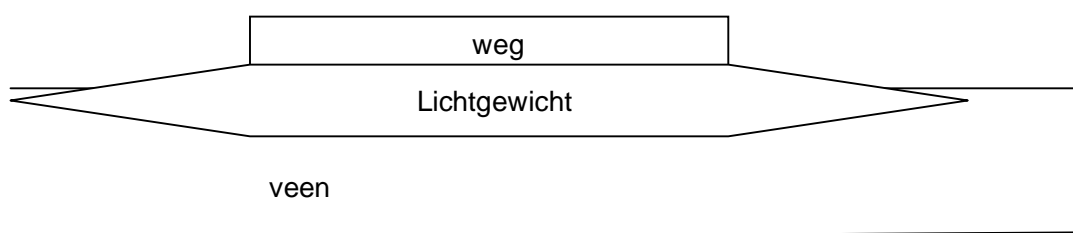


Figuur D.3 Amfibische woning

Lichtgewicht ophoogmateriaal

Lichtgewicht ophoogmaterialen worden toegepast in de gebieden met slappe bodems in Nederland. Deze slappe lagen zijn gemakkelijk samendrukbaar. Door het gewicht van het traditionele ophoogmateriaal (veelal zwaar), zijn de zettingen groot. Deze zettingen vragen om een onderhoudsperiode, eerder dan dat de economische levensduur van de verharding is afgelopen. Een oplossing is om zoveel mogelijk gewichtsneutraal op te hogen, bijvoorbeeld lichtgewicht ophoogmaterialen, zoals YaliBims, EPS (expanded poly-styrene), Lavasteen etc. Door het aanbrengen van minder gewicht op de ondergrond, zullen minder zettingen optreden. (Figuur D.4).

Aandachtspunt bij het toepassen van lichtgewicht ophoogmateriaal is dat er chemische reacties kunnen plaatsvinden die het materiaal afbreken, bijvoorbeeld bij contact met water. Hierdoor worden enkele lichtgewicht ophoogmaterialen ingepakt in waterondoorlatende folie.



Figuur D.4 Ophoging met lichtgewicht materiaal op slappe lagen bij wegen (lijninfrastructuur)

Waterkwaliteit

Om de waterkwaliteit op peil te houden in de grachten van Utrecht worden ze in de zomer doorspoeld, tegen algenbloei. Hierdoor wordt voorkomen dat de waterkwaliteit achteruit gaat. Ook blijft op deze manier de kwaliteit van de leefomgeving op peil.