Waterberging in de stad

Een opgave met kansen voor gemeenten, projectontwikkelaars en waterschap

WV237

Gezamenlijke uitgave van DHV Ruimte en Mobiliteit,
Provincie Gelderland, Provincie Utrecht en Waterschap Vallei & Eem

WATERSCHAP Vallei&Eem

Samen werken aan waterberging in de stad

Als beheerder van het oppervlaktewater, is Waterschap Vallei & Eem verantwoordelijk voor de waterhuishouding van het oppervlaktewater in landelijk en stedelijk gebied, zowel wat betreft kwaliteit als kwantiteit. Waterberging betreft de waterkwantiteit. Met waterberging zorgt het waterschap ervoor dat er overal voldoende ruimte is om (grote hoeveelheden) hemelwater op te vangen en gecontroleerd af te voeren. Of om het water juist enige tijd vast te houden, zodat het in droge perioden lokaal gebruikt kan worden en het niet nodig is water van elders aan te voeren.

Deze brochure gaat in op het samenwerken aan waterberging in de stad, om in de toekomst wateroverlast te voorkomen. In stedelijk gebied is het soms een probleem voldoende ruimte te vinden of te creëren voor het (tijdelijk) bergen van water. Daarom is goed overleg nodig om tot een verantwoorde inrichting van stedelijke gebieden te komen. Het waterschap wil graag advies geven bij vraagstukken van berekeningen, inrichting en oplossingen voor wat betreft de waterhuishouding. Het is van belang dat het waterschap in een vroeg stadium betrokken wordt bij planontwikkeling. Alleen op die manier kan waterberging een geïntegreerd deel uitmaken van ruimtelijke plannen.
Een goede samenwerking kan leiden tot een duurzaam waterhuishoudkundig plan, dat in de uitwerking, implementatie en beheer uitvoerbaar is.

In het Nationaal Bestuursakkoord Water is formeel vastgelegd dat gemeenten bij stadsontwikkeling de Stedelijke Wateropgave moeten meewegen.
De stedelijke wateropgave is het maatregelenpakket waarmee wateroverlast in het stedelijk gebied zoveel mogelijk wordt voorkomen. Het waterschap berekent deze opgave op basis van een aantal randvoorwaarden en uitgangspunten. Uit deze opgave kan de benodigde omvang van het oppervlaktewater worden bepaald.

De watertoets

Rijk, provincies en gemeenten brengen in het kader van de watertoets bij alle ruimtelijke plannen de gevolgen voor de waterhuishouding in beeld. De watertoets is een proces dat bestaat uit vroegtijdig informeren, adviseren, afwegen en uiteindelijk beoordelen van de waterhuishoudkundige aspecten in ruimtelijke plannen en besluiten. In het kader van de watertoets wordt bij elke fase van de planontwikkeling de waterbeheerder betrokken.

Naast waterbeheerders, zijn projectontwikkelaars en gemeenten betrokken bij de uitwerking van de stedelijke wateropgave en het realiseren van waterberging. Deze brochure is bedoeld voor de ruimtelijke ordenaars en (water)technici die ieder vanuit hun eigen verantwoordelijkheid en doelstellingen hiermee te maken krijgen.

Volgens Waterschap Vallei & Eem is het vinden van oplossingen voor waterberging in stedelijk gebied een gezamenlijke opgave voor gemeenten, projectontwikkelaars en het waterschap.
In deze brochure wil het waterschap laten zien hoe die stedelijke wateropgave bepaald wordt en vorm kan krijgen in ruimtelijke plannen. In de bijlagen wordt nader ingegaan op diverse rekenmodellen die daarbij kunnen worden ingezet.
Met een goede samenwerking en creatieve oplossingen kan waterberging in stedelijk gebied ook kansen bieden voor bijvoorbeeld recreatie en natuur-ontwikkeling in de stad.

Meer weten? Of een vraag voor Peter Timofeeff? www.nederlandleeftmetwater.nl

NEDERLAND LEEFT MET WATER

Wateroverlast: een groeiend probleem

De Commissie Waterbeheer 21e eeuw

"Is het Nederlands watersysteem wel berekend op extreem natte perioden?" Deze vraag kwam op nadat Nederland in 1997 en 1998 meerdere malen geconfronteerd werd met overstromingen na hevige regenval. De Commissie Waterbeheer 21e eeuw boog zich over dit probleem. Ze kwam in 2000 met een visie, conclusies, diverse aanbevelingen en nieuwe instrumenten om extreme weerssituaties in de toekomst het hoofd te bieden.

Verwachte klimaatontwikkelingen 2050 en 2100 (midden scenario)

	2050	*2100*
Temperatuur (graden)	*+ 1 °C*	*+ 2 °C*
Neerslag (mm)	*+ 3 %*	*+ 6 %*
Intensiteit buien	*+ 10 %*	*+ 20 %*
Zeespiegelstijging (cm)	*+ 25 cm*	*+ 60 cm*

Door klimaatveranderingen, stijging van de zeewaterspiegel en bodemdaling, komt de waterhuishouding van Nederland de komende eeuw steeds verder onder druk te staan. Periodes van extreme regenval en overstromingen, zullen elkaar afwisselen met periodes van grotere droogte en een gebrek aan voldoende oppervlaktewater van goede kwaliteit. Nederland kan nattere winters verwachten en drogere zomers.
De buien die 's zomers zullen vallen, zullen heviger en intensiever zijn dan nu. Onze waterhuishouding moet dus voorbereid zijn op de opvang en afvoer van meer water in korte tijd, maar ook op de berging van water voor droge perioden.

Het Nationaal Bestuursakkoord Water

Hoe gemeenten, waterschappen, provincies en het rijk de uitdaging van stedelijke wateroverlast gezamenlijk vorm moeten gaan geven, staat in het Nationaal Bestuursakkoord Water (NBW). Het NBW is op 2 juli 2003 ondertekend door het Rijk, alle provincies, het samenwerkend Interprovinciaal Overleg (IPO), de Vereniging van Nederlandse Gemeenten (VNG) en de Unie van Waterschappen (UvW).

Inspelend op de aanbevelingen en conclusies van de Commissie Waterbeheer 21e eeuw, geeft het NBW aan dat Nederland in 2015 een watersysteem moet hebben dat afgestemd is op de veranderingen in de waterhuishouding als gevolg van klimaatveranderingen, stijging van de zeespiegel en bodemdaling.

Het NBW geeft aan dat bij extreme regenval, in stedelijk gebied wateroverlast te verwachten is als gevolg van:

- oppervlaktewater dat buiten de oevers treedt;
- een te beperkte afvoer van regenwater vanaf verharde oppervlaktes;
- te hoge grondwaterstanden.

NEDERLAND LEEFT MET WATER

Wateroverlast in stedelijk gebied: balans tussen riolering en oppervlaktewater

In stedelijk gebied is veel verhard oppervlak aanwezig in de vorm van daken, wegen, parkeerterreinen, trottoirs en speelpleinen. Hemelwater wordt hier van oudsher opgevangen en afgevoerd via het rioolsysteem, vaak in combinatie met huishoudelijk afvalwater.

Gemengd rioolstelsel

Via het gemengde rioolstelsel wordt al het water (afvalwater en hemelwater) afgevoerd naar de rioolwaterzuiveringsinstallatie van het waterschap. Hemelwater krijgt binnen dit systeem geen kans weg te zakken in de bodem en wordt vermengd met de afvalwaterstroom.

Bij hevige regenval is de afvoer- en bergingscapaciteit van het rioolstelsel soms onvoldoende. Nooduitlaten in de vorm van riooloverstorten zijn dan nodig om overlast te voorkomen. Het rioolwater wordt in dat geval rechtstreeks geloosd op het open water van het stedelijk gebied, zoals vijvers, sloten en singels.

Het stedelijk openwatersysteem moet het teveel aan water uit de riolering tijdelijk kunnen bergen, om het vervolgens geleidelijk af te voeren naar het regionale of landelijke watersysteem. Dit moet geleidelijk gebeuren, om te voorkomen dat er wateroverlast ontstaat in het landelijke gebied.

Als er te weinig bergruimte is in het rioolstelsel en in open water, kan bij een hevige regenbui ernstige wateroverlast ontstaan. Capaciteitsproblemen in het riool- en transportsysteem kunnen leiden tot verkeershinder, ondergelopen kelders en woningen en beschadigingen aan wegen.

Gescheiden en verbeterd gescheiden rioolstelsels

In sommige wijken en stadsdelen wordt regenwater niet via gemengde rioolstelsel afgevoerd, maar via een apart rioolstelsel. We spreken dan van een verbeterd gescheiden of een gescheiden rioolstelsel. Bij een verbeterd gescheiden rioolstelsel wordt een deel van het regenwater naar de rioolwaterzuiveringsinstallatie afgevoerd. De rest wordt direct naar het oppervlaktewater afgevoerd. Bij een gescheiden rioolstelsel wordt al het hemelwater apart opgevangen en via zogenaamde hemelwateruitlaten naar het oppervlaktewater afgevoerd.

In nieuwe wijken is het gescheiden systeem veelal standaard. Bij voorkeur krijgt regenwater de kans te infiltreren in de bodem. In bestaande en oudere stadsdelen, wordt het vaak gemengde stelsel zoveel mogelijk omgebouwd tot een gescheiden stelsel, als daar de kans toe bestaat. Die kansen doen zich voor bij werkzaamheden aan wegen of het riool.

Dit wordt afkoppelen genoemd. Er wordt bij afkoppelen uiteraard op gelet dat er geen vervuiling van het oppervlaktewater optreedt.

Bij het ontwerp en de inrichting van nieuw stedelijk gebied geldt dat de piekafvoer van het water richting de omgeving en de vraag naar inlaatwater niet mag toenemen ten opzichte van de oorspronkelijke situatie. De bestaande (natuurlijke) grondwaterstand moet daarbij zoveel mogelijk gehandhaafd blijven.

Dit past bij het uitgangspunt van het waterbeleid voor de 21e eeuw, dat wateroverlast in nieuw en bestaand stedelijk gebied niet mag worden afgewenteld (niet op bestuurlijk niveau, en ook niet financieel, geografisch, in tijd of in schaalniveau).

Waterberging in plannen: onze gezamenlijke opgave

De rol van het waterschap

Als beheerder van het oppervlaktewater, moeten waterschappen de mogelijke wateroverlast voor bestaande en nog te ontwikkelen stedelijke oppervlaktewatersystemen in beeld brengen. Op basis hiervan wordt een maatregelenpakket samengesteld, om wateroverlast in de toekomst te voorkomen, inclusief de daarbij behorende kosten. Dit wordt de Stedelijke Wateropgave genoemd. Concreet betekent dit dat de benodigde ruimte voor water (m^2) en omvang van de berging (m^3) wordt berekend. Waterschap Vallei & Eem gebruikt hiervoor normen voor de bescherming tegen wateroverlast. Deze normen hebben ondermeer betrekking op optredende peilstijgingen en afvoeren.

Voor de bepaling van de wateropgave heeft het waterschap verschillende rekensystematieken tot zijn beschikking: van eenvoudige vuistregels tot complexe hydrologische modellen.

- Waterbalansbenadering op basis van vuistregels
- Methode regenduurlijnen (grafisch)
- Methode regenduurlijnen (spreadsheet programma)
- 1-dimensionaal niet-stationair bakkenmodel voor riolering/grondwater/oppervlaktewater (Buibak)
- Niet stationair 1-dimensionaal en 2-dimensionaal model voor riolering/grondwater/oppervlaktewater (Sobek/Duflow)

Welk model gehanteerd wordt is afhankelijk van de beschikbare informatie van een plan. Uitgangspunten bij de modellen, randvoorwaarden en berekeningsvoorbeelden, treft u aan in bijlage 1 en 2.

Door verschillende neerslagsituaties en bergingsmogelijkheden te beschouwen, wordt inzicht verkregen in de bandbreedte waarmee de stedelijke wateropgave kan worden ingevuld. Met behulp van risicoanalyses, waarbij ingezoomd wordt op de onderdelen oppervlaktewater, grondwater en riolering, kan de robuustheid van het stedelijk watersysteem in z'n totaliteit worden bepaald én per afzonderlijk onderdeel. Als beheerders van deze deelsystemen hebben gemeenten en waterschap hier baat bij.

Bij de vertaling van de stedelijke wateropgave in een concreet maatregelenpakket wordt onderscheid gemaakt tussen al bestaand stedelijk gebied en nieuw te ontwikkelingen stedelijk gebied. Dit omdat het aantal mogelijkheden om de waterberging in bestaand gebied te vergroten veelal beperkter zijn.

Normen:

Het NBW bepaalt dat in bebouwde gebieden het waterpeil in het oppervlaktewater maar 1 keer in de 100 jaar het laagste maaiveldniveau mag overschrijden. Waterschap Vallei & Eem hanteert daarnaast voor openwatersystemen een maximale peilstijging van 0,40 meter, die zich met een frequentie van eens per tien jaar mag voordoen. Hierbij dient geen terugstroming van het water in het riool plaats te vinden en wordt er tevens vanuit gegaan dat het openwatersysteem een natuurlijk afvoerregime kent, dat aansluit op het van oorsprong aanwezige grondwaterstandverloop.

Waterschap Vallei & Eem bepaalt voor bestaande stedelijke gebieden voor 2007 de wateropgave aan de hand van de werknorm uit het Nationaal Bestuursakkoord Water. Als een stedelijke openwatersysteem onvoldoende berging heeft, moeten gemeenten en waterschap binnen of buiten dit gebied extra ruimte zoeken voor het vasthouden en/of bergen van water. De ruimtelijke consequenties moeten in een (te herzien) bestemmingsplan worden zeker gesteld. Het vaststellen van de wateropgave en de uitwerking van de bergingsbehoefte kan onderdeel zijn van een stedelijk waterplan. Voor nieuwe en opnieuw in te richten stedelijke gebieden wordt getoetst aan zowel de werknorm uit het NBW en de norm van Waterschap Vallei & Eem zoals eerder beschreven.

Het waterschap en de watertoets

Met de Watertoets heeft het waterschap een wettelijk instrument in handen dat garandeert dat de waterhuishouding wordt meegewogen in elke ruimtelijke planontwikkeling. De watertoets is sinds 1 november 2003 wettelijk verankerd in het Besluit op de ruimtelijke ordening. Het doel van de watertoets is te waarborgen dat waterhuishoudkundige doelstellingen expliciet en op evenwichtige wijze worden meegewogen bij ruimtelijke plannen en besluiten. De meerwaarde van de watertoets is dat zij zorgt voor vroegtijdige en systematische aandacht voor de wateraspecten binnen een ruimtelijke plan. De interactie tussen initiatiefnemer en waterbeheerder speelt hierbij een belangrijke rol. Het is dus meer dan een toets achteraf.

Waterschap Vallei & Eem hanteert de handreiking van de landelijke werkgroep Watertoets. In deze handreiking wordt ingegaan op het proces van de watertoets. Met de betrokken overheden is afgesproken dat Waterschap Vallei & Eem aanspreekpunt is voor de gemeenten. Indien nodig legt het waterschap contact met de betrokken provincies (grondwater) en Rijkswaterstaat (Rijkswateren). Waterschap Vallei & Eem vindt het essentieel dat alle betrokkenen elkaar vroegtijdig informeren en goed communiceren. Alleen op deze wijze kunnen initiatiefnemers en het waterschap succesvol samenwerken en een verantwoorde invulling geven aan hun beider verantwoordelijkheid.

De rol van het waterschap bij ruimtelijke plannen kan uiteengezet worden aan de hand van drie producten:

- *Afsprakennotitie*
- *Waterparagraaf*
- *Wateradvies*

INITIATIEF-FASE

Initiatiefnemer
Informeert en betrekt de waterbeheerder(s) zo vroeg mogelijk en vraagt om specifieke watersysteemkennis

Waterbeheerder
Informeert de initiatiefnemer over het watersysteem, overlegt met de initiatiefnemer over wateraandachtspunten en criteria en stelt prioriteiten

Initiatiefnemer en waterbeheerder
Maken samen duidelijke inhoudelijke en procesafspraken en leggen deze evt. vast in een *afsprakennotitie*

ONTWIKKEL- EN ADVIESFASE

Initiatiefnemer
Ontwerpt het plan m.b.v. de criteria en betrekt de waterbeheerder bij het ontwerpproces

Waterbeheerder
Denkt mee in het ontwerpproces

Waterbeheerder
'Toetst' of het (voor)ontwerpplan aan de afgesproken criteria voldoet en stelt hierover een *wateradvies* op

BESLUIT-VORMINGSFASE

Initiatiefnemer
Weegt de wateraspecten definitief af m.b.v. het wateradvies en verantwoordt de afwegingen in een *waterparagraaf*

BEOORDELINGS-FASE

Beoordelaar
Beoordeelt het ruimtelijk plan, inclusief proces en inhoud van de watertoets

Processchema Watertoets

Afsprakennotitie
Bij het vroegtijdig overleg worden afspraken gemaakt over hoe de watertoets verder wordt ingevuld. Deze afspraken worden vastgelegd in een verslag of notitie (met name bij grote ruimtelijke plannen). Het verslag of de notitie wordt opgesteld door de initiatiefnemer (gemeente/projectontwikkelaar). Het waterschap levert informatie aan over zaken als normen en randvoorwaarden die gehanteerd worden op het gebied van water in het stedelijk gebied.

Waterparagraaf
Als onderdeel van het bestemmingsplan wordt door de gemeente een waterparagraaf opgesteld.
Op verzoek van het waterschap, wordt een concept-waterparagraaf door de initiatiefnemer (gemeente/projectontwikkelaar) ter beoordeling naar het waterschap gestuurd.

Voor plannen in het kader van artikel 19, lid1, geldt dat er een ruimtelijke onderbouwing moet worden geschreven, waarin ook wateraspecten aan de orde komen. Deze onderbouwing wordt, net als de waterparagraaf van het bestemmingsplan, getoetst aan de handreiking.

Wateradvies
Zodra een gemeente een eerste opzet heeft gemaakt over hoe zal worden omgegaan met water binnen een ruimtelijk plan, geeft het waterschap een wateradvies. Bij bestemmingsplannen valt dit advies samen met de reactie van het waterschap in het kader van artikel 10 overleg Bro (Besluit op de ruimtelijke ordening). Bij andere plannen wordt bij het eerste overleg afgesproken op welk moment er van het waterschap een wateradvies zal worden gevraagd.

De initiatiefnemer legt vervolgens in de waterparagraaf van het plan vast wat de inhoud van het wateradvies is, hoe dit wateradvies tot stand is gekomen en wat er met de inhoud is gedaan.

Hoe uitgebreid het proces van de watertoets wordt ingestoken, is afhankelijk van de omvang van de ruimtelijke ingreep, de mogelijke effecten op de waterhuishouding en de aanwezige knelpunten in het watersysteem.

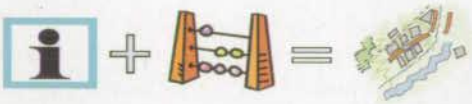
De rol van gemeenten

In structuurplannen, visies en bestemmingsplannen krijgen locaties een bestemming. Het is verstandig de bestaande waterhuishoudkundige situatie mee te nemen bij het bestemmen van gebieden. Met name bij locatiekeuzes is het van belang na te gaan of de betreffende plek vanuit het oogpunt van water wel geschikt is voor de nieuwe bestemming, zoals woningbouw of industrie.

Voor nog te ontwikkelen gebied geldt dat de wateropgave en de randvoorwaarden en richtlijnen voor waterberging onderdeel moeten uitmaken van een waterhuishoudkundig of waterstructuurplan. Ruimtelijke consequenties moeten in een (te herzien) bestemmingsplan worden vastgelegd en verankerd. Voor bestaand stedelijk gebied kan de wateropgave worden bepaald en opgenomen in een stedelijk of gemeentelijk waterplan.

Het gemeentelijk waterplan bevat een gemeenschappelijk visie van gemeente en waterschap op het waterbeleid. Het schept kaders voor overige plannen, zoals bestemmingplannen en waterstructuurplannen. De gemeenten zorgen voor een integrale afweging en legt deze vast in gemeentelijke structuur- en bestemmingsplannen.

Als een stedelijk openwatersysteem onvoldoende bergingsruimte biedt en hierdoor wateroverlast dreigt of al voorkomt, moeten gemeenten en waterschap gezamenlijk het bergingstekort binnen of buiten het stedelijk gebied oplossen. Er moeten dan andere locaties gezocht worden die dienst kunnen doen als (tijdelijk) opvangbekken voor water. Zonodig moeten deze gebieden daar speciaal voor ingericht worden. Ook kunnen andere maatregelen worden getroffen waarmee het water beter kan worden vastgehouden, of waar het (tijdelijk) in kan worden geborgen, zoals infiltratievoorzieningen.



De rol van projectontwikkelaars

Bouwplannen voor nieuw stedelijk gebied of ontwikkelingsplannen in reeds bestaand gebied, doorlopen diverse fases. Van een globaal beeld of ruimtelijke visie, wordt toegewerkt naar een steeds gedetailleerder ontwerp en bijbehorende inrichting, met een steeds specifiekere verdeling van gebruiksfuncties en aankleding van het plangebied. Al vanaf de eerste fase, de locatiekeuze, is aandacht voor het vraagstuk van de waterhuishouding van groot belang. Het waterschap kan daarbij waardevolle informatie geven over de bestaande situatie en de mogelijkheden voor een verantwoorde nieuwe inrichting van het gebied. Daarbij kan het waterschap al vroeg aangeven welke randvoorwaarden gelden voor bepaalde gebieden en welke prioriteiten.

De beschikbaarheid van informatie over de voorgenomen ontwikkeling is van essentieel belang voor een goede bepaling van de wateropgave.

Hoe gedetailleerder de plannen worden, hoe specifieker het waterschap kan berekenen en aangeven wat er nodig en mogelijk is om de waterhuishouding op orde te brengen en in te passen in het plangebied.
Bij iedere planvorm past een eigen benadering voor het waterbergingsvraagstuk. Bij een globaal plan (locatiekeuze) volstaat een eenvoudige en globale berekening.

Bij een gedetailleerd inrichtingsplan past een gedetailleerde modellering van het watersysteem. Hoe meer details het waterschap kent van een ontwikkelingsplan, hoe meer uitgewerkte antwoorden het kan geven, met opties die passen binnen de steeds duidelijker wordende contouren. Dit zal ertoe leiden dat de wateropgave beter gedefinieerd kan worden en kan uiteindelijk aanzienlijk wat besparingen opleveren ten aanzien van benodigde ruimtebeslag voor waterbergingsvoorzieningen.

De watertoets garandeert dat de waterhuishoudkundige gevolgen van een plan een belangrijke rol spelen bij de totale planontwikkeling. De initiatiefnemer is daarbij verantwoordelijk voor een evenwichtige afweging van de belangen en een gedegen onderbouwing daarvan.

Als het onmogelijk is binnen het plangebied aan alle waterhuishoudkundige aspecten tegemoet te komen, moet er gezocht worden naar alternatieve mogelijkheden om problemen in de waterhuishouding te voorkomen. Dat houdt in dat ofwel buiten het plangebied extra ruimte voor het water gezocht wordt (compensatie), of dat binnen het plangebied aanvullende maatregelen getroffen worden (mitigatie). Dit vraagt wel om nauwgezet overleg en instemming van het waterschap. Hierbij wordt uitgegaan van het kostenveroorzakingsbeginsel. Dit houdt in dat bij nieuwe ontwikkelingen de kosten met betrekking tot het waterbergend vermogen voor rekening van de planexploitatie komen.

Samenwerking

Wettelijke regels waarborgen dat gemeenten en projectontwikkelaars de waterhuishouding meewegen in de totale planontwikkeling. Waterschap Vallei & Eem is daar blij mee, maar hoopt dat de afwegingen niet alleen onder dwang gemaakt worden.
Het waterschap streeft ernaar dat de gedwongen samenwerking uitmondt in een vrijwillig partnerschap, waarbij alle partijen elkaars meerwaarde zien. Daarbij levert de wederzijdse uitwisseling van kennis en ideeën in een planontwikkeling winst op voor alle partijen. Van belang is dat gemeenten en planontwikkelaars het waterschap niet slechts zien als een wetshandhaver en controleur, die een obstakel vormt bij de planontwikkeling.
Waterschap Vallei & Eem wil vanuit haar kennis en ervaring werkbare oplossingen aandragen en zo als een volwaardig partner een meerwaarde vormen binnen de projectgroep.

Naast de formele rol die waterschappen hebben bij ruimtelijke plannen, wil Waterschap Vallei & Eem lokale overheden en projectontwikkelaars graag van dienst zijn om tot een optimaal eindresultaat te komen. Waar nodig en gewenst kunnen ze rekenen op advies en tips over maatregelen en oplossingen als het gaat om het vasthouden, bergen en afvoeren van water in stedelijk gebied. Het uiteindelijk doel van de samenwerking is immers te komen tot een optimaal watersysteem binnen een verantwoord ingericht gebied.

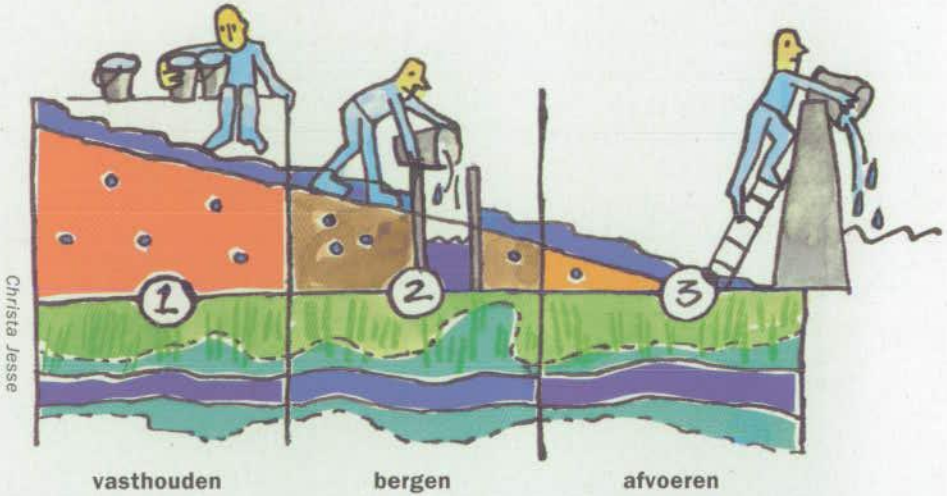
Creatief bergen: een ontwerpproces

De trits

De Commissie Waterbeheer 21e eeuw heeft bepaald dat wateroverlast zoveel mogelijk moet worden opgelost binnen het gebied waar de overlast veroorzaakt wordt. Daarbij kan gebruik gemaakt worden van diverse ruimtelijke en technische oplossingen. Voor het vaststellen van de nodige maatregelen is een drietrapsstrategie geïntroduceerd, ook wel de trits genoemd. De trits houdt in dat gewerkt wordt volgens de volgorde vasthouden-bergen-afvoeren.

De watertoets moet garanderen dat bij de zoektocht naar mogelijkheden voor stedelijke waterberging de trits wordt gevolgd.

Eventueel extra te nemen maatregelen om wateroverlast te voorkomen, zijn in eerste instantie de verantwoordelijkheid van de initiatiefnemer.



Christa Jesse

Vasthouden en bergen

Eerst moet het water zoveel mogelijk worden vastgehouden in het plangebied zelf, zodat de overlast niet afgewenteld hoeft te worden op omliggend gebied. De afstroom van water moet daartoe zoveel mogelijk worden beperkt door het minimaliseren van verhard oppervlak in het plangebied. Het regenwater kan worden vastgehouden op daken (platte daken of vegetatiedaken) of opgevangen worden en vastgehouden worden in regentonnen. Ook wegen bieden kansen voor het vasthouden van hemelwater, bijvoorbeeld met een waterdoorlatende verharding, groenzones langs de weg, verlaagde parkeerplaatsen of rotondes. In niet verharde terreinen kan eveneens regenwater worden geborgen, zoals in verlaagde groenzones, speelveldjes en parken. Verder kan berging worden gecreëerd door optimaal gebruik te maken van de terreinmogelijkheden. Zo kan bij lage grondwaterstanden en een goede doorlatendheid van de bodem regenwater wegzakken in de bodem. Lage plekken in het terrein zijn in te richten voor het (tijdelijk) opvangen van regenwater. Groengebieden zoals parken kunnen veel water vasthouden en via de bodem vertraagd afvoeren.

In bestaand stedelijk gebied wordt regenwater vaak ook ondergronds geborgen in de rioolstelsels. Al deze vormen van berging kunnen leiden tot een vermindering van de hoeveelheid benodigde berging in het oppervlaktewater.

Binnen het plangebied kan verder extra ruimte gecreëerd worden voor waterberging door bestaande watergangen te verbreden, nieuw open water aan te leggen (vijvers, slootjes, etc.) of door gedempt open water weer te openen. Ook kan gebruik gemaakt worden van flauw oplopende oevers en een flexibel beheer van het waterpeil met behulp van geautomatiseerde stuwen.

Pas wanneer alle mogelijkheden tot vasthouden en bergen zijn uitgeput, kan in de laatste plaats worden teruggevallen op het afvoeren van water

Afvoeren

Vanuit stedelijk gebied wordt het water afgevoerd naar het omliggende landelijk gebied, zodat het daar geborgen kan worden. Van belang is dat optredende piekafvoeren vanuit het stedelijke gebied goed kunnen worden verwerkt. Hiervoor moeten in het landelijk gebied soms wel extra maatregelen genomen worden. Deze maatregelen kunnen bestaan uit het vergroten van de afvoercapaciteit door watergangen te verbreden of te verdiepen, het aanpassen van stuwen of het vergroten van gemalen. De verantwoordelijkheid voor het nemen van deze maatregelen ligt in eerste instantie bij de initiatiefnemer.

Van binnen naar buiten

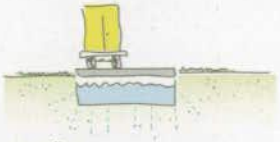
De wateropgave kan op verschillende manieren worden gerealiseerd. Water vormt bij uitstek een drager voor het creëren van recreatieve en natuurlijke elementen in een nieuw te ontwikkelen plangebied. Het kan zelfs een stimulans zijn voor creatieve en originele inrichtingsplannen.

Bestaand stedelijk gebied

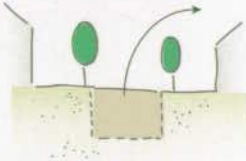
Voor bestaand stedelijk gebied is het uiteraard lastiger de wateropgave te realiseren dan voor nieuw te ontwikkelen plangebieden. Bebouwd gebied is niet erg flexibel. De bebouwingsdichtheid is een gegeven waar vaak moeilijk aan te tornen valt. Het stratenpatroon ligt vast, met vaak nauwelijks mogelijkheden meer open water of extra groengebieden te realiseren ten behoeve van de waterhuishouding. Het ondergrondse rioolstelsel is moeilijk bereikbaar en is vaak, met name in oudere stadskernen, niet berekend op pieken in de wateraanvoer.

Voor bestaand stedelijk gebied is voor aanpassingen aan het waterhuishoudkundig systeem een langetermijnplanning nodig, waarbij kansen gegrepen moeten worden als er ontwikkelingen plaats vinden. Die kansen doen zich onder andere voor als er werkzaamheden verricht worden aan wegen, onderhoud aan rioolstelsels wordt uitgevoerd, of wijken geherstructureerd worden.

kolk



aquaflow



herstel oude grachten

berging op dak

grindkoffer

De stadskern

De stadskern biedt van oudsher weinig ruimte en mogelijkheden om (extra) ruimte aan open water te geven, vanwege de vaak hoge bebouwingsdichtheid, de bestrating van het oppervlak en het intensieve gebruik van de beschikbare ruimte. Water is daar echter bij uitstek een geschikt middel de beleving en waardering van de stad te vergroten, bijvoorbeeld door de cultuurhistorische aantrekkingskracht van open water te vergroten en optimaal te benutten. Door water (weer) zichtbaar te maken, wordt het bewustzijn van het

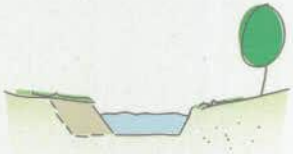
belang van water voor de leefomgeving groter. Dit kan door hemelwaterafvoer bovengronds aan te leggen met goten in plaats van ondergronds, of door in het verleden gedempte wateren weer open te maken.
In de stadskern bieden verder daken, pleinen, trappen en (water)speelplaatsen voor kinderen mogelijkheden voor waterberging. Als de mogelijkheden bovengronds beperkt zijn vanwege het intensieve gebruik van het maaiveld, kan ook gekozen worden voor ondergrondse voorzieningen als bergingskelders.

Buitenwijken

In buitenwijken is meer openbare ruimte en is de bebouwing minder intensief dan in de stadskern. Er zijn meer mogelijkheden om water lokaal te bergen, voordat het in open water wordt opgevangen. Te denken valt aan regentonnen, waterdoorlatende wegverhardingen, verlaagde groenveldjes, wadi's, parkeerterreinen etc.

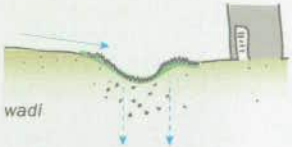
Ook vergroting van bestaande of nieuwe openwaterpartijen, natuurvriendelijke oevers en flexibele waterpeilen bieden hier kansen om meer water te bergen. Wegen kunnen worden voorzien van gescheiden regenwaterafvoer. Regenwater van wegen en woningen kan lokaal in bermen of wadi's infiltreren.

regenton



verbreding sloot

molgoot



wadi

helofytenfilter

blusvijver

terpwoningen

berging trapveldje

Overgangszone

Tussen de stad en het buitengebied, de overgangszone, ligt een gebied dat veelal gebruikt wordt voor functies die veel ruimte vragen zoals sportvelden, zwembaden, maneges enz.
Hier bevinden zich veel mogelijkheden voor waterberging.
Waterberging kan hier een geïntegreerde en natuurlijke plek krijgen via waterplassen en is hier heel goed te combineren met recreatie, natuurbeleving, milieurendement (waterzuiverende helofytenvelden) en ecologische verbindingszones.
In deze zone kan het regenwater van wegen en bebouwing lokaal in bermen of wadi's infiltreren.

Van locatiekeuze naar realisatie

Al bij het aanwijzen van een locatie voor stedenbouwkundige ontwikkeling, is waterhuishouding een factor van belang. De bestaande situatie heeft invloed op de visie op het gebied, de mogelijkheden voor inrichting en het optimaal benutten van de terreinmogelijkheden. Zo kunnen bestaande waterpartijen, slootjes en beken, maar ook het grondwaterpeil invloed hebben op de verdeling van diverse functies binnen een gebied, de bebouwingsdichtheid en de specifieke bouwlocaties.

Hoe verder de plannen zich ontwikkelen, van locatiekeuze via de voorbereidingsfase en de ontwikkelingsfase naar een gedetailleerd stedenbouwkundig plan, hoe meer keuzes gemaakt moeten worden. Keuzes die eventueel consequenties hebben voor de waterhuishouding en wellicht extra maatregelen vragen. In het stedenbouwkundig plan moet dan ook een programma van eisen voor de waterhuishouding worden opgenomen. Dit geheel wordt opgenomen in de waterparagraaf en indien mogelijk, in de voorschriften van het bestemmingsplan.
De planvormen die de watertoets doorlopen en de acties die van de verschillende partijen worden verwacht, staan schematisch weergegeven op pagina 24.

Watertoets: planvormen en acties

	Planvormen die de watertoets doorlopen		Acties van de verschillende partijen	
Fase	**Niet wettelijke planvormen**	**Wettelijke planvormen**	**Acties waterschap**	**Acties initiatiefnemer**
Locatie keuze		Streekplan	Inbreng gebiedskennis en bestaande knelpunten (a.d.h.v. watervisies, waterkansenkaarten etc.)	Vroegtijdig benaderen en informeren (provincie)
	Ontwikkelingsvisie of structuurvisie	Regionaal structuurplan	Inbreng gebiedskennis en bestaande knelpunten (a.d.h.v. watervisies, waterkansenkaarten etc.)	Vroegtijdig benaderen en informeren (Regionaal Openbaar Lichaam)
Voorbereidingsfase	Masterplan	Structuurplan/ Globaal bestemmingsplan	Gezamenlijk (waterschap i.s.m. gemeente/projectontwikkelaar/ woningcorporatie etc.) opstellen waterhuishoudkundig plan (van ambities duurzaam stedelijk waterbeheer tot aan globaal ontwerp watersysteem)	
	Ontwikkelingsvisie of structuurvisie		Globale inschatting wateropgave	Gegevens verstrekken voor vaststellen globale wateropgave (gemeente/projectontwikkelaar/ woningcorporatie etc.)
Ontwikkelingsfase	Stedenbouwkundig plan	Bestemmingsplan	Gezamenlijk (waterschap i.s.m. gemeente/projectontwikkelaar/ woningcorporatie etc.) opstellen gedetailleerd waterhuishoudkundig plan (materiaalkeuze, ontwerp profielen en kunstwerken)	
	Stedenbouwkundig programma van eisen Waterbeheersingsplan	Uitwerkingsplannen en wijzigingsplannen	Toetsing waterberging	Afweging waterhuishoudkundige aspecten

De keur

Voordat een bouwplan kan worden uitgevoerd, heeft de initiatiefnemer een vergunning van het waterschap nodig op grond van de keur, voor het veranderen van de waterhuishoudkundige situatie.
De keur is de verzameling van algemene regels, voorwaarden, eisen, geboden en verboden die gelden voor al het oppervlaktewater en voor de omgeving van waterkeringen en kunstwerken als duikers, sluizen en gemalen. Er staan regels in voor lozingen, het onttrekken van water, bouwen in en langs waterpartijen, schadevergoedingen en boetes voor overtreders van de regels.
Bij de keur hoort de legger. In de legger zijn ondermeer de afmetingen van de waterhuishoudkundige voorzieningen opgenomen en is vastgelegd wie onderhoudsplichtig is.
Pas als een ontwikkelingsplan voldoende waarborgen in zich heeft voor een gezonde waterhuishouding, zal het waterschap een vergunning afgeven.

Bijlage 1
Uitgangspunten en randvoorwaarden bij berekeningsmodellen

In deze bijlage worden de vijf verschillende berekeningswijzen toegelicht die Waterschap Vallei & Eem kan gebruiken voor het bepalen van de stedelijke wateropgave bij stedelijke in- of uitbreidingsplannen, of voor het toetsen van het bestaand stedelijk gebied aan de werknormen van het Nationaal Bestuursakkoord Water.

Het betreft hierbij:
- een eenvoudige waterbalansbenadering op basis van vuistregels
- een grafische methode m.b.v. regenduurlijnen
- een niet stationair bakkenmodel voor riolering en oppervlaktewater (o.b.v. regenduurlijnen)
- een 1-dimensionaal niet-stationair bakkenmodel voor oppervlaktewater (Buibak)
- een niet-stationair 1-dimensionaal en 2-dimensionaal model voor riolering/grondwater/oppervlaktewater (Sobek/Duflow)

Een zesde systematiek die momenteel in opkomst is betreft het rekenen met behulp van stochastische modellen. Kenmerkend voor deze systematiek is de kansberekening. In de berekeningen wordt aan bepaalde parameters een kans van voorkomen toegekend. (Voorbeelden zijn: neerslagstatistiek, kans op hoge en lage buitenwaterstanden, kans van voorkomen van grondwaterstanden.) Deze systematiek wordt momenteel nog niet toegepast door het waterschap bij het bepalen van de stedelijke wateropgave.

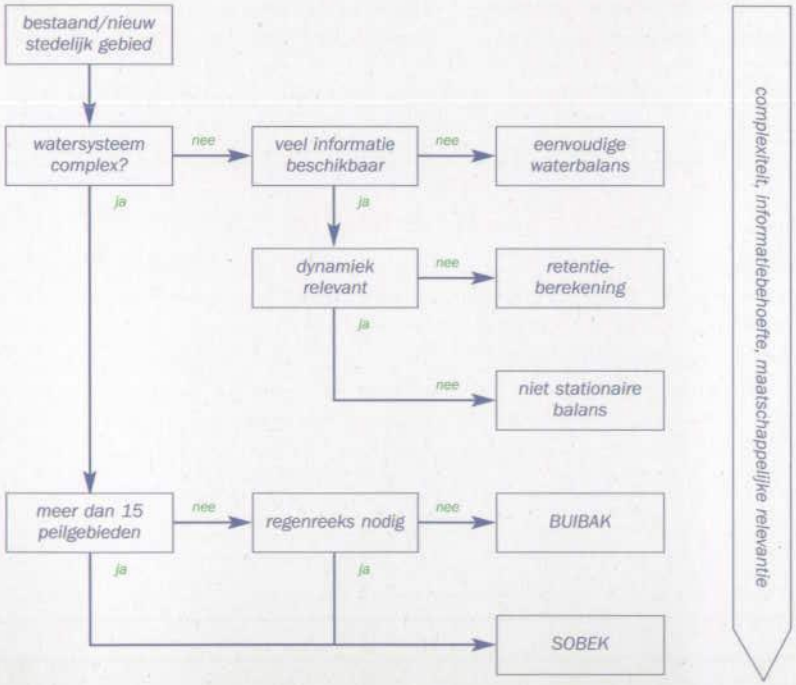
Een nadere beschrijving van de vijf modellen en berekeningsvoorbeelden treft u aan in bijlage 2.

De modellen variëren van een heel eenvoudige waterbalansbenadering tot een uitgebreid dynamisch hydrologisch model. De keuze voor één van de genoemde modellen is afhankelijk van meerdere factoren, zoals:

- de complexiteit van de lokale omstandigheden,
- veel of weinig watervoerende elementen,
- de interactie tussen stedelijke en landelijke watersysteem,
- de invloed van grondwater,
- de gewenste nauwkeurigheid,
- de beschikbaarheid van informatie,
- de maatschappelijke relevantie,

en is schematisch afgebeeld in onderstaand beslisdiagram.

In het algemeen kan worden gesteld, dat in het beginstadium van een ontwerpproces van een in- of uitbreidingsplan, gerekend zal worden met grovere modellen. In het beginstadium volstaat een eerste inschatting van de bergingsbehoefte op basis van de op dat moment beschikbare informatie. In een later stadium neemt de hoeveelheid beschikbare informatie toe (het plan wordt meer in detail uitgewerkt), waarna met meer gedetailleerdere modellen gerekend zal worden, om de uiteindelijke wateropgave preciezer te kunnen bepalen.



Stroomschema keuze rekenmodel

Toetsbuien

Een belangrijke factor bij alle berekeningen betreft de hoeveelheid neerslag die valt. Waterschap Vallei & Eem heeft een aantal standaardbuien afgeleid waarmee nieuwe stedelijke watersystemen kunnen worden ontworpen, dan wel bestaande systemen kunnen worden getoetst. Deze buien zijn afgeleid uit langjarige meetreeksen van het KNMI en representeren zowel zomerse, korte maar heftige, onweersbuien als lange natte winterperioden. Als maatgevend zijn verschillende buien beschouwd met frequenties van voorkomen van eenmaal per 10 jaar en eenmaal per 100 jaar. Het watersysteem van bestaande stedelijke gebieden wordt getoetst op buien met herhalingstijden van 100 jaar. Dit is in overeenstemming met de werknormen van het Nationaal Bestuursakkoord Water. Nieuw te ontwikkelen stedelijke gebieden worden ontworpen op buien met herhalingstijden van 10 jaar (ontwerpnorm van Waterschap Vallei & Eem) en getoetst aan buien met een herhalingstijd van 100 jaar (werknorm uit het NBW).

Deze buien zijn gebaseerd op de regenduurlijnen van Buishand en Velds, bewerkt door Gelok e.a.. De te verwachten klimaatontwikkelingen (overeenkomstig het middenscenario 2050 uit WB21) zijn hierin verdisconteerd door de intensiteit van de neerslag met 10% op te hogen.

T=10 kortdurende bui

tijdstip (uur)	totale neerslag op tijdstip (mm)
0	0
1	4
2	34

T=100 kortdurende bui

0	0
1	5
2	50

T=10 langdurende bui

tijdstip (uur)	totale neerslag op tijdstip (mm)
0	0
24	12
48	68

T=100 langdurende bui

0	0
24	15
48	93

Uitgangspunten en randvoorwaarden

Naast de hiervoor beschreven neerslagsituaties hanteert het waterschap nog andere uitgangspunten en randvoorwaarden bij de bepaling van de stedelijke wateropgave, zoals:

- de werknormen uit het Nationaal Bestuursakkoord Water. Hierin worden voor verschillende bestemmingen van de grond uiteenlopende normen gehanteerd t.a.v. wateroverlast (variërend van eens per honderd jaar voor bebouwd gebied tot eens per tien jaar voor weidegebied).
- een maximale peilstijging in het stedelijk oppervlaktewatersysteem van 0,40 m bij een situatie die met een herhalingstijd van 10 jaar voorkomt. De overstortdrempels dienen dusdanig te worden uitgevoerd dat er bij dit peil geen terugstroming van oppervlaktewater in het rioolstelsel plaatsvindt.
- het uitgangspunt dat het ontwerp van nieuw stedelijk gebied grondwater neutraal dient te zijn. M.a.w. dat er ten gevolge van de ontwikkeling geen negatieve beïnvloeding van de grondwaterstanden buiten het plangebied optreedt. Bij meer gedetailleerde (model)berekeningen kan eveneens de grondwaterstroming als component worden opgenomen, waarbij uitgegaan wordt van een Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG).
- een initiële drooglegging van tenminste 1,0 meter. De initiële drooglegging is gelijk aan het verschil tussen maaiveldhoogte en het streefpeil van het oppervlaktewater.
- het uitgangspunt dat bij verbeterd gescheiden of gemengd rioolstelsels het rioolstelsel leeg is bij aanvang van de bui, m.a.w. dat de berging in het stelsel volledig beschikbaar is;
- optredende initiële verliezen op maaiveldniveau door interceptie; deze worden gesteld op 1 millimeter;

- een toename van het verharde oppervlak in de loop der tijd. De ervaring leert dat na oplevering van een terrein het verhard oppervlak in bebouwde gebieden gestaag toeneemt. Derhalve wordt als veiligheidsfactor het initieel gerealiseerde verharde oppervlak met 15% opgehoogd.
- de randvoorwaarde dat de afwatering op zo mogelijk natuurlijke wijze plaats vindt:
  - om afwenteling op de omgeving (o.a. piekafvoeren) te voorkomen mag de maximale afvoer vanuit het (nieuwe) stedelijk gebied in principe niet toenemen ten opzichte van de oorspronkelijk in het onbebouwde gebied optredende agrarische afvoeren (ook wel "maatgevende landelijke afvoer" genoemd). Deze maatgevende landelijke afvoer is gebaseerd op de heersende grondwatertrap van het betreffende gebied. De grondwatertrappen zijn op hun beurt gebaseerd op de gemiddeld hoogste (GHG) en gemiddeld laagste (GLG) grondwaterstand en geven de diepte beneden maaiveld tot waar - onder gemiddelde weersomstandigheden - de grondwaterstand in de winter stijgt en in de zomer daalt.
    In nevenstaande tabel zijn voor de verschillende grondwatertrappen de optredende maatgevende afvoeren weergegeven, waarmee bij de ontwikkeling van stedelijk gebied rekening dient te worden gehouden.
    Nevenstaande maatgevende afvoeren komen met een frequentie van 1 à 2 dagen per jaar voor. Om de afvoeren te vertalen naar een eenmaal per 10 jaar en eenmaal per 100 jaar situatie, mogen deze worden vermenigvuldigd met een factor 1,4 (voor T=10) en een factor 2,0 (voor T=100).
  - in principe zo min mogelijk versnippering van het watersysteem door minimale inzet van gemalen;
  - bij een situatie met een herhalingstijd van 10 jaar kan het stedelijk gebied vrij afwateren naar het omliggende landelijk gebied.

Grondsoorten	*Maatgevende landelijke afvoernorm en grondwatertrappen [l/s.ha]**
Drainage-behoeftige gronden (polders en gronden met Gt I, II en III)	*1,33 – 1,67*
Zandgronden met Gt IV en V	*1,00*
Zandgronden met Gt V en VI*	*0,67*
Zandgronden met Gt VIII	*0,33*
Bosgebieden en overige gronden zonder zichtbare afvoer met Gt VII	*0,10*

** Voor gebieden met kwel wordt de afvoernorm verhoogd.*

Bron: Cultuurtechnisch Vademecum (vereniging voor landinrichting)

Ontwerpparameters

Wanneer de beschikbare hoeveelheid informatie voor een nieuwe stedenbouwkundige ontwikkeling voldoende bekend is, kan uitvoering worden gegeven aan het ontwerpen van de definitieve afmetingen van (de onderdelen van) het watersysteem.
Hiervoor hanteert het waterschap nog de volgende ontwerpparameters:

- de toelaatbare stroomsnelheden in watergangen en duikers bedraagt 0,5 m/s, respectievelijk 1,0 m/s; hierbij wordt ervan uitgegaan dat deze optredende maxima van kortdurende aard zijn.
- ten aanzien van stromingsweerstand van watergangen dient de zomersituatie te worden doorgerekend. In dat geval zijn de watergangen namelijk begroeid en dit levert een grotere stromingsweerstand. De toe te passen factor voor wandruwheid k_m is 22,5 $m^{1/3}.s^{-1}$ (formule van Manning). Voor het ontwerp van duikers dient een wandruwheid C van 55 $m^{1/2}/s$ te worden aangehouden (formule van Chézy).

Bovenstaande ontwerpparameters worden eveneens gebruikt voor de toetsing van bestaande stedelijke watersystemen.

Naast deze hydraulische parameters gelden ook uitgangspunten voor de inrichting, zoals een gemiddelde waterdiepte van 1,0 meter, een bovenwatertalud dat niet steiler is dan 1:1,5 en een onderwatertalud van tenminste 1:3.

Robuustheid van het watersysteem

Bij een goed ontwerp van een stedelijk watersysteem hoort een analyse van de robuustheid van het watersysteem in extreme situaties. Om een extreme situatie door te kunnen rekenen, hanteert het waterschap een verzwaarde neerslaggebeurtenis conform het middenscenario 2100 in combinatie met het initieel verhogen van het afvoerende oppervlak met 15%. Hieruit blijkt vervolgens wat de kwetsbare punten voor wateroverlast zijn in het stedelijke watersysteem.

Bijlage 2
Beschrijving van de modellen en berekeningsvoorbeelden

■ Eenvoudige waterbalansbenadering

Kenmerk: Eenvoudige benadering
Deze methode berust op de schijnbaar eenvoudige balansvergelijking:
"IN = UIT + BERGING", ofwel alles wat in het systeem terecht komt (neerslag) minus alles wat uit het systeem gaat (afvoer op omgeving), dient te worden geborgen binnen het watersysteem.
Het waterschap hanteert voor de neerslag de maatgevende buien zoals die eerder in deze bijlage zijn genoemd, en voor de afvoer de maatgevende landelijke afvoeren die gebaseerd zijn op de grondwatertrappen voor het desbetreffende gebied.

Te gebruiken voor: de methode is geschikt om in het allereerste stadium van planvorming een grove schatting te maken van de wateropgave en deze te vertalen in een aantal hectares oppervlaktewater.

Opmerking: De zeer grove methode is geschikt voor een eerste inschatting van de wateropgave. Doorgaans leidt dit tot een overschatting van de benodigde berging (omdat geen rekening wordt gehouden met berging aan het oppervlak, bodemberging, dynamische processen etc.).

Benodigde informatie:
- Totaal (bruto) oppervlak, of oppervlak uitgesplitst in verhard en onverhard oppervlak.
- Type rioolstelsel (gemengd, (verbeterd) gescheiden stelsel)
- Bodemkaart waarmee (op basis van grondwatertrappen) oorspronkelijke landelijke afvoernormen kunnen worden bepaald.
- Toelaatbare (ontwerp)peilstijgingen.

Geschetste situatie:

In	neerslag		34 mm	(in 2 uur)
Uit	afvoer naar landelijk gebied			
	(stel 1l/s.ha = 3,6 mm/uur)	2 x 3,6 =	7,2 mm	(in 2 uur)
	p.o.c. (verbeterd gescheiden stelsel)	2 x 0,3 mm/uur =	0,6 mm	(in 2 uur)
Berging	in verbeterd gescheiden rioolstelsel		4,0 mm	
	op straat in plassen, etc		1,0 mm	
Resterend te bergen in oppervlaktewater			21,2 mm	

21,2 mm komt overeen met 212 m^3 per hectare verhard oppervlak.
Met een ontwerppeilstijging in het oppervlaktewater van 0,4 meter voor een T=10 situatie betekent dit dat voor het ruimtebeslag aan open water: 212/0,4 = 530 m^2 per hectare verhard oppervlak nodig is. Door deze hoeveelheid te vermenigvuldigen met het verharde oppervlak resulteert dit in een totaal aantal hectares open water.
Deze systematiek kan tevens uitgevoerd worden voor een neerslagsituatie die eenmaal per 100 jaar plaatsvindt. Uiteindelijk zal het grootste oppervlak van de twee berekende situaties maatgevend zijn voor het te realiseren wateroppervlak.

Opmerking: Deze methode geeft slechts een eerste indicatie van de wateropgave en is daarmee voor eerste visievorming wel geschikt. Vrijwel altijd wordt deze methode later in het planproces gevolgd door een nadere beschouwing, waarmee de wateropgave meer in detail kan worden bepaald.

■ Grafische methode m.b.v. regenduurlijnen

Kenmerk:
Eenvoudige modelbenadering
Deze eenvoudige methode berust op een statistische bewerking van neerslaggegevens die gedurende de periode 1906-1977 zijn waargenomen en resulteert in een kromme, die het verband tussen hoeveelheid neerslag en duur bij een gegeven herhalingstijd weergeeft. Deze kromme wordt een regenduurlijn genoemd. Voor iedere herhalingstijd geldt een andere regenduurlijn. Het waterschap bepaalt de berging aan de hand van de T=10 (eenmaal per 10 jaar) en T=100 (eenmaal per 100 jaar) situatie, overeenkomstig de daarvoor geldende normen.

Het is een statische methode waarbij voorbij gegaan wordt aan allerlei dynamische processen die spelen, zoals bijvoorbeeld interactie tussen deelgebieden. Verder wordt ervan uitgegaan dat nagenoeg alle neerslag die valt instantaan tot afstroming komt, hetgeen in de praktijk niet het geval is.

Te gebruiken voor: de methode is geschikt om in een vroegtijdig stadium van planvorming een grove inschatting te kunnen maken van de wateropgave die kan worden vertaald in het benodigde aantal hectares oppervlaktewater.

Opmerking: De methode is daarmee geschikt voor een op zichzelf staand, duidelijk afgebakend watersysteem, dus zonder of met zeer beperkte interactie met andere watersystemen. Vanwege de eenvoud kan de methode worden gebruikt om snel inzichtelijk te maken wat de wateropgave is. Soms leidt dit tot een overschatting van benodigde berging (omdat geen rekening wordt gehouden met berging aan het oppervlak, bodemberging, dynamische processen etc.). In andere gevallen juist tot een onderschatting (bijvoorbeeld bij afhankelijkheid van afvoer van en naar naastliggende gebieden). De methode lijkt te grof om bindende uitspraken mee te kunnen maken.

Benodigde informatie:

- Totaal (bruto) oppervlak, of oppervlak uitgesplitst in verhard en onverhard oppervlak.
- Type rioolstelsel (gemengd, (verbeterd) gescheiden stelsel)
- Bodemkaart waarmee (op basis van grondwatertrappen) oorspronkelijke landelijke afvoernormen kunnen worden bepaald.
- Toelaatbare (of ontwerp) peilstijgingen + drooglegging bij streefwaterpeil.

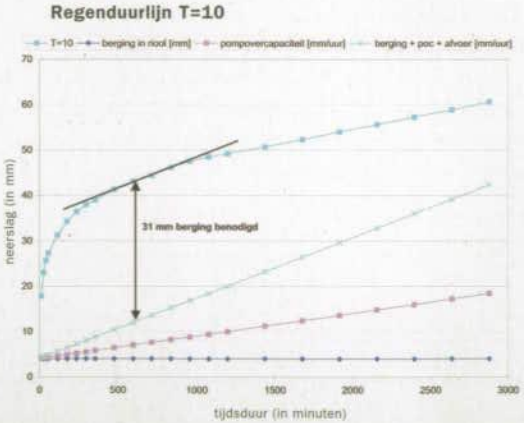
Geschetste situatie: Uit de figuur wordt duidelijk dat in dit geval - bij een zeker gegeven type rioolstelsel - een aanvullende berging van 31 mm voor een T=10 bui, en 46 mm voor een T=100 situatie benodigd is.
Stel dat het beschouwde bruto oppervlak 10 hectare betreft, dan impliceert dit:

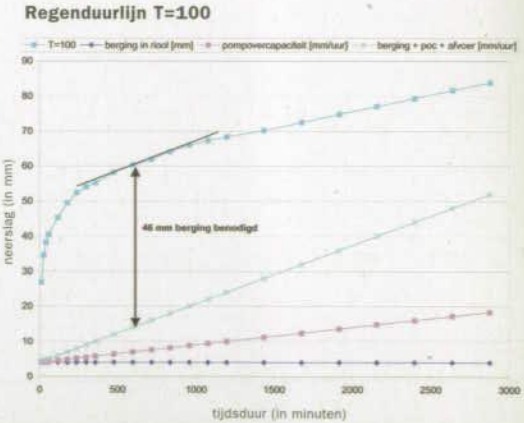
- voor een T=10 situatie: 3.100 m^3 water te bergen;
- voor een T=100 situatie: 4.600 m^3 water te bergen.

Voor het (tijdelijk) bergen van deze hoeveelheden bestaan diverse mogelijkheden. Wanneer ervoor wordt gekozen om slechts te bergen in oppervlaktewater en verder de toegestane peilstijgingen voor de twee situaties (T=10 en T=100) worden beschouwd, dan impliceert dit dat er:

- voor een T=10 situatie: 3.100 / 0,40 = 7.750 m^2 open water benodigd is;
- voor een T=100 situatie: 4.600 / 1,10 = 4.181 m^2 open water benodigd is.

In dit geval is de T=10 situatie maatgevend voor het ontwerp. Er dient in totaal (afgerond) 0,8 hectare open water te worden aangelegd (8% van bruto oppervlak).





Regenduurlijnen (T=10, T=100) in relatie tot de benodigde berging in open water

■ Niet-stationair bakmodel riolering oppervlaktewater

Kenmerk: Deze methode werkt volgens hetzelfde principe als de hiervoor beschreven methode, zij het dat de gegevens zijn verwerkt in een spreadsheetprogramma. In plaats van één punt op de regenduurlijn wordt de gehele regenduurlijn doorgerekend. Het model berekent het maatgevende punt op de regenduurlijn en de daarmee samenhangende maximale peilstijging. In dit model wordt voorts rekening gehouden met een toename van de bergingscapaciteit in oppervlaktewater ten gevolge van optredende peilstijgingen.

De figuur op pagina 38 geeft een overzicht van de gegevens die ingevoerd moeten worden in het balansmodel (op basis van excel-worksheet).

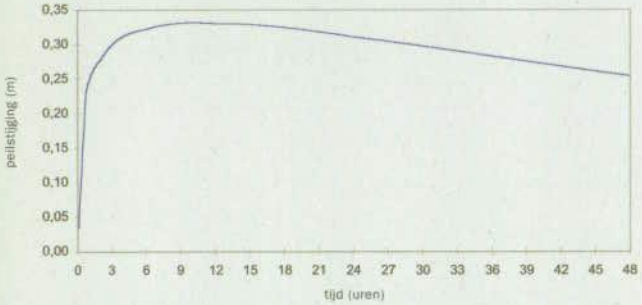
Dit model geeft naast de maximale peilstijging ook een verloop in de tijd weer van de optredende peilstijging. Daarnaast berekent het model de minimaal benodigde stuwbreedte en de optredende debieten over deze stuw.

Te gebruiken voor: zodra de dimensies van de watergangen grofweg bekend zijn, kan met behulp van verschillende niet-stationaire buien berekend worden wat de maximale peilstijging is. Uitgangspunt is een afvoer via een stuwconstructie of een bemaling. Indien de maximale peilstijging de toelaatbare peilstijging overschrijdt, dan wordt aangegeven hoeveel extra berging nodig is.

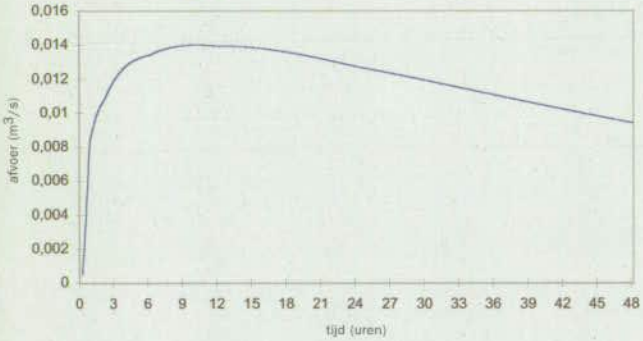
Opmerking: ten opzichte van vorige berekening is de belangrijkste toevoeging de controle op het gebruik van een stuw als peil- en debiets- regulerend kunstwerk. Het is nog steeds een statische methode, waarbij voorbij gegaan wordt aan allerlei dynamische processen die spelen, zoals interactie tussen deelgebieden. Verder wordt ervan uitgegaan dat nagenoeg alle neerslag die valt instantaan tot afstroming komt, hetgeen in de praktijk niet het geval is.

project:	***Waterbalans stedelijke uitbreiding X***			
onderdeel:	***T=10 situatie, met 5% oppervlakte water, gescheiden rioleringsstelsel, 5mm/etm kwel, verhardingspercentage 45%***			
uitgangspunten berekening				
gebied				
· bruto oppervlak:		*10 (ha)*	*100,00 (%)*	*controle: 10 (ha)*
· verhard oppervlak:		*4,5 (ha)*	*45,00 (%)*	
· onverhard oppervlak:		*5 (ha)*	*50,00 (%)*	
neerslaggebeurtenis				
· neerslaggebeurtenis	*T=*	*10 (-)*		
riolering				
· berging in riolering:		*0,0 (mm)*	*0 (m^3)*	
· berging op straat:		*1,5 (mm)*	*68 (m^3)*	
· pomp overcapaciteit:		*0,00 (mm/h)*	*0,00 (m^3/min)*	
aanvoer vanaf onverhard/kwel		*90*		
· aanvoerfactor:		*0,60 ($l.s^{-1}.ha^{-1}$)*	*0,18 (m^3/min)*	
oppervlaktewatersysteem				
· oppervlak open water:		*0,5 (ha)*	*5,00 (%)*	
· lengte open water:		*400 (m)*	*12,50 (m breedte op waterlijn)*	
· taluds open water:	*1:*	*1,5 (-)*		
· toelaatbare peilstijging:		*0,40 (m)*		
· maximaal beschikbare berging:		*2096 (m^3)*		
· afvoer open water:		*1,40 ($l.s^{-1}.ha^{-1}$)*	*0,84 (m^3/min)*	*0,01 (m^3/s)*
resultaten berekening				
maximale peilstijgingen en berging bij deze peilen				
· maximale peilstijging bij afvoer over stuw:		*0,35 (m) na aanvang neerslaggebeurtenis*		*10: 5 (uur)*
· maximale peilstijging bij constante afvoer:		*0,33 (m) na aanvang neerslaggebeurtenis*		*10: 5 (uur)*
· berging (bij afvoer over stuw):		*1797 (m^3)*		
· berging (bij constante afvoer):		*1720 (m^3)*		

Peilverloop bij afvoer over stuw



Debietverloop over stuw



■ 1-dimensionaal niet-stationair bakkenmodel voor oppervlaktewater BUIBAK

Kenmerk: Hydraulisch model van waterschap Vallei & Eem is geschikt om aan elkaar gekoppelde peilgebieden (tot een maximum van 15) met meerdere buien door te rekenen. Het model kent een aantal voorgeprogrammeerde buien met verschillende herhalingstijden.

Buibak is een (hydraulisch) 1-dimensionaal niet-stationair model, waarmee - voor afzonderlijke (gedefinieerde) maatgevende buien - de gemiddelde peilstijgingen (in een peilvak (gebied) en het verloop van de afvoer (tijdens en na het vallen van die buien) in maximaal 15 peilvakken) kan worden berekend.
In tegenstelling tot de methoden met regenduurlijnen zit er in deze methode een tijdsafhankelijke component (afzonderlijke buien, buien achter elkaar, vulling en lediging van berging in bodem/water in de tijd), waarmee de interactie tussen verschillende peilgebieden is te bepalen.
Om dit model te kunnen gebruiken zijn meer invoergegevens noodzakelijk

Te gebruiken voor: het model is bruikbaar om de waterstand in een peilgebied te berekenen, waarbij rekening wordt gehouden met een breed scala aan waterstromen, zoals afvoer van verhard (riolering), onverhard (afstroming via de bodem naar het oppervlaktewater), kwel of inzijging, waterstromen tussen de peilgebieden onderling (ten gevolge van peilverschillen via kunstwerken of open waterlopen, ten gevolge van bemalingstrategieën), of waterstromen over de grenzen van het gebied heen (uitmalen, inlaat van water).

Benodigde invoergegevens:

Onverhard gebied:
- Oppervlakte
- Maaiveldhoogte
- Bergingscoëfficiënten van de bodem
- Initiële grondwaterstand
- Berging op het land (initieel en maximaal)
- Infiltratiecapaciteit van de bodem
- Drainagecoëfficiënt per peilvak (1 niveau)
- Kwel

Verhard gebied
- Oppervlakte
- Maaiveldhoogte
- Type rioolstelsel
- Pompovercapaciteit (gemengd of verbeterd gescheiden stelsel)
- Berging in rioolstelsel
- Berging op straat

Open water

- Oppervlakte
- Aantal peilvakken (maximaal 15)
- Streefpeilen van de verschillende peilvakken
- Afmeting en capaciteit stuwen/gemalen
- Vormgeving van watergangen (lengte, talud)

Opmerking: het model is geschikt om complexere watersystemen door te rekenen.

```
TTWaterschap Vallei en Eem
TTjuni 1999
TT
TTWaterbalansberekening bedrijventerrein Haarbrug-Noord
TT
TG  1Peilvak NAP-0.85 m

----*----1----*----2----*----3----*----4----*----5----*----6----*----7----*--
--8----9
GG  1       17.1   50    6  117  1.5    5 0.85    2    2    0    5   40   10
0.4   30
AS  1    1 -0.6+0.35 0.95  1.2  1.1  0.3    1  0.2  0.10.025
BG  z   10    2  4.8    4 36.0
BG  z   10    4  4.0    8 40.0
```

```
Waterbalansberekening bedrijventerrein Haarbrug-Noord

INVOERGEGEVENS GEBIED  1 ( benedengebied ) Peilvak NAP-0.85 m
Totale oppervlakte            =        17.10  ha
Basisafvoer (konstant)              =   .00 m3/s
Percentage verhard opp.       =        50.00  %
Alfa waarde van het onverharde opp. =  5.00 /etm.
    (=0 bij peilstijging =  .40 m)
Percentage open water opp.    =         6.00  %
Startpeil (=0.00 m) t.o.v. NAP      =   .85 m
Lengte waterlopen             =       117.00  m/ha
Gemiddelde taludhelling           1 :  1.50
Berging in onverhard opp.     =         2.00  mm
Berging op verhard opp.             =  2.00 mm   (komen niet tot afstroming)
Max. indringing in onverhard =          5.00  mm/u
Max. buffer in onverhard opp.       = 40.00 mm   (Daarna plasvorming)
Max. buffer op onverhard      =        10.00  mm    ( = plasvolume ;
     bij overschrijding afstroming met alfa=  30.0 /etm)
*Kruinbreedte VASTE stuw SW1 =         1.00  m
 Stand van de stuwkruin       =          .00  m
M -waarde                           =  1.70
Verhangfactor                 =         .80        (bovenstrooms)

GEGEVENS BUIVERLOOP
-------------------
Bui   Herhalingskans   Tijd  Regen   Tijd  Regen
no:   eenmaal per :   [uur]   [mm]  [uur]   [mm]

 1     10.00 zomers     2.0   4.80    4.0  36.00
 2     10.00 zomers     4.0   4.00    8.0  40.00
```

Detail van invoerfile Buibak

■ Een niet-stationair 1-dimensionaal en 2-dimensionaal model voor riolering/grondwater/oppervlaktewater (Sobek/Duflow)

Kenmerk: Dit is een zeer uitgebreid hydrodynamisch modelinstrument waarmee vooral de dynamiek van een watersysteem goed kan worden onderzocht.

Hydraulische niet-stationaire (1-dimensionaal en/of 2-dimensionaal) modelberekening waarbij naast afzonderlijk buien ook neerslagreeksen kunnen worden doorgerekend. Ook geschikt om droge perioden door te rekenen (seizoensbuffering) en waterkwaliteitsaspecten te beschouwen.
Bijzonder geschikt om watergangen en kunstwerken te dimensioneren. Daarnaast is dit model grafisch georiënteerd waardoor het tevens mogelijk is om grafische ondergronden (stedenbouwkundige verkaveling) te gebruiken t.b.v. de modelschematisatie.

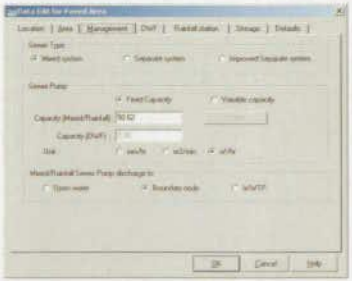
Te gebruiken voor: met het model SOBEK kan net als met BUIBAK meerdere peilgebieden worden berekend (zonder direct maximum aantal peilgebieden). In SOBEK kunnen naast voorgeprogrammeerde buien ook meerjarige regenreeksen worden doorgerekend. Met meerjarige regenreeksen kan de bergingsbehoefte statisch beter worden onderbouwd. Het model kan op bakkenniveau en op strengniveau rekenen.

Opmerking: Ten opzichte van het model BUIBAK heeft SOBEK meer mogelijkheden, die voor grotere complexe vraagstukken mogelijk gewenst zijn.

Benodigde invoergegevens:

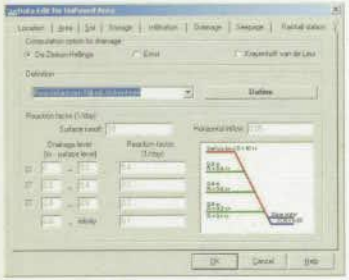
Verhard gebied

- Oppervlakte
- Maaiveldhoogte
- Type rioolstelsel
- Pompovercapaciteit gemengd/dwa-stelsel
- Dwa-definitie (optioneel gescheiden stelsel)
- Berging in rioolstelsel (dwa-rwa)
- Berging op straat



Onverhard gebied

- Oppervlakte
  (evt. per gewas - 16 soorten)
- Maaiveldverloop
  (vast of in tabelvorm)
- Bodemsoort
- Initiële grondwaterstand
- Berging op het land
  (initieel en maximaal)
- Infiltratiecapaciteit bodem
- Drainagecoëfficiënten
  (1 tot 4 niveau's)
- Kwel

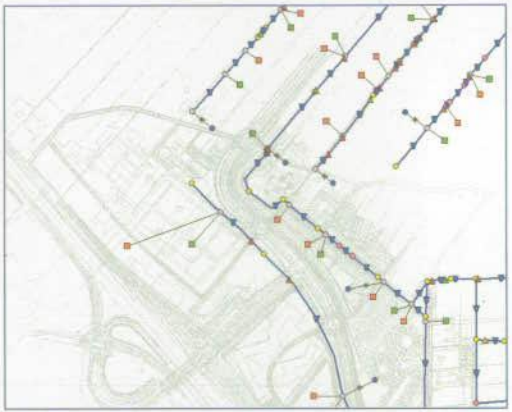


Koppeling Rainfall runoff-Channel Flow

- Locatie overstorten/uitlaten rioolstelsel op watergang

Watergangen

- Bodemhoogtes en maaiveldhoogten
- Dwarsprofielen
- Locatie en afmeting duikers/bruggen/stuwen/gemalen
- Streefpeilen



Voorbeeld van modelschematisatie SOBEK

- *geschematiseerd verhard oppervlak*
- *geschematiseerd onverhard oppervlak*
- *dwarsprofielen, gekoppeld aan watergangen*
- *stuwen*
- *knooppunten in model*

· **DHV Ruimte en Mobiliteit** Laan 1914 nr. 35, 3818 EX Amersfoort, Postbus 1076, 3800 BB Amersfoort
Telefoon 033 - 4682740 **E-mail** info@dhv.nl **Internet** www.dhv.nl

· **Provincie Gelderland** Postbus 9090, 6800 GX Arnhem
Telefoon 026 - 35 99 111 **E-mail** mw.water@prv.gelderland.nl **Internet** www.gelderland.nl

· **Provincie Utrecht** Postbus 80300, 3508 TH Utrecht **Telefoon** 030 - 25 89 111
E-mail marc.mobach@provincie-utrecht.nl **Internet** www.provincie-utrecht.nl (beleidsvelden, water)

· **Waterschap Vallei & Eem** Fokkerstraat 16, Postbus 330, 3830 AJ Leusden
Telefoon 033 - 43 46 000 **E-mail** info@wve.nl **Internet** www.wve.nl

Gezamenlijke uitgave van DHV Ruimte en Mobiliteit, Provincie Gelderland, Provincie Utrecht, Waterschap Vallei & Eem **Tekst** DHV, Waterschap Vallei & Eem, BesText Amersfoort **Illustraties** DHV, Waterschap Vallei & Eem, Ministerie Verkeer & Waterstaat, Christa Jesse **Foto's** DHV, Waterschap Vallei & Eem, gemeente Renkum, Hans Verhorst, Photo Holland, Jan van IJken **Vormgeving** Waterschap Vallei & Eem **Druk** Reproka **Oplage** 1000 **November 2004**

De brochure is op te vragen bij Waterschap Vallei & Eem, afdeling Communicatie.
Aan de tekst uit deze brochure kunt u geen rechten ontlenen.
Tekst en illustraties zijn rechtenvrij te gebruiken onder bronvermelding.