

Oppervlaktewater voor een duurzame gebouwde omgeving

Oppervlaktewater biedt een interessant perspectief voor een duurzame gebouwde omgeving. Een vijver met een fontein met spelende kinderen is een voorbeeld van sociale duurzaamheid. Tegelijkertijd kan men dezelfde vijver gebruiken als warmte- of als koudecollector (duurzame energie). TVVL wil meer aandacht besteden aan de relatie tussen mens, omgeving en de techniek, waarvan acte. Dit artikel gaat eerst in op verschillende aspecten van de toepassing van oppervlaktewater. Vervolgens wordt de potentie van oppervlaktewater voor duurzame warmte en koude belicht. Er wordt gebruikgemaakt van zowel simulaties als metingen.

Dr.ir. C.J. Wisse, DWA installatie- en energieadvies

■ WATER: MEER DAN GIGAJOULES

'Bouwen met water' en 'Waterbewust bouwen' krijgen in Nederland steeds meer aandacht. Belangrijke oorzaken hierbij zijn ruimtegebrek in ons land en de gevolgen van de klimaatverandering. Door het ruimtegebrek kan het interessant zijn te bouwen in gebieden waar (beperkte) overstromingen toelaatbaar zijn, in plaats van overal een hoge dijk omheen te leggen. De overheid heeft daarom een pilot-project ontwikkeld met vijftien experimenten met bouwen in het rivierbed [1]. Als gevolg van de klimaatverandering kan in de toekomst een sterke toename van de neerslag in Nederland worden verwacht. Het KNMI concludeert dat de winters gemiddeld natter worden en dat

de extreme neerslaghoeveelheden zullen toenemen. Ook in de zomer zal de hevigheid van extreme regenbuien toenemen [2]. Hierdoor ontstaat meer behoefte aan voorzieningen om het water tijdig te kunnen afvoeren tijdens piekmomenten en om het weer ter beschikking te hebben tijdens periodes van droogte (zie ook [5]). Waterberging wordt dus één van de grote uitdagingen van onze gebouwde omgeving in de toekomst.

Water is echter niet alleen een bedreiging, het biedt ook allerlei kansen. Water is ook op verschillende manieren een kwaliteitsdrager. Water is decor, water is ook openbare ruimte, water biedt een mooi uitzicht (zie ook [4]). Kortom, water is een element in de sociale duurzaamheid van de gebouwde omgeving.



- Figuur 1 - Drijvend paviljoen voor de Rotterdamse haven (visualisatie DeltaSync/ Public Domain Architecten).

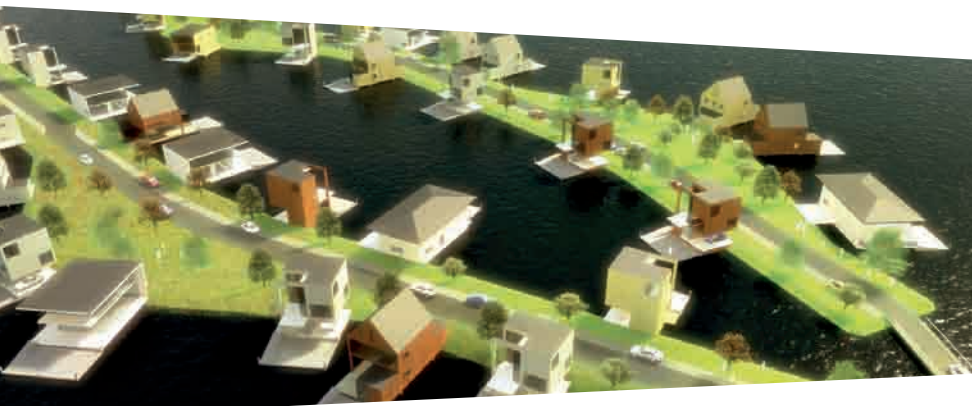
Verder zou meer water een rol kunnen spelen in het dempen van het effect van een sterke opwarming van onze steden (urban heat island, zie ook [6]). De genoemde ontwik-

DRIJVEND PAVILJOEN

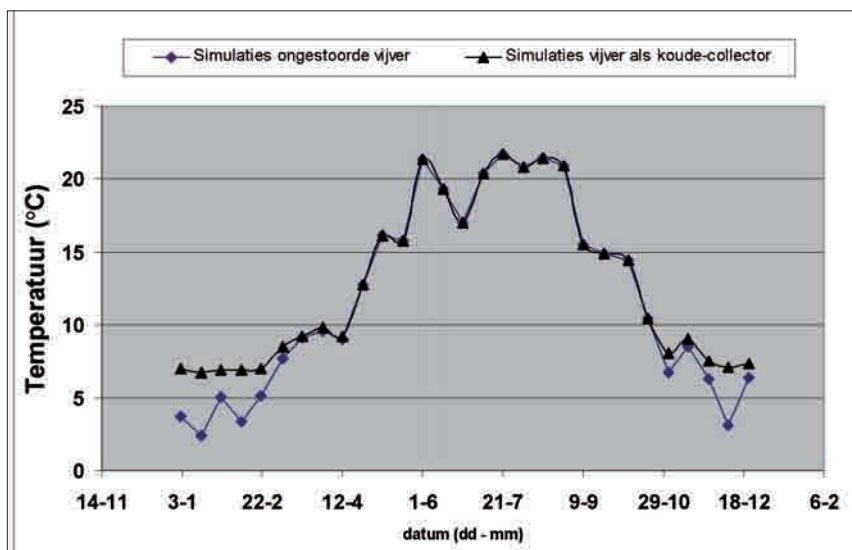
In 2010 krijgt Rotterdam er een nieuw drijvend icoon bij: het drijvend paviljoen. Dit paviljoen is niet alleen bijzonder door de drijvende bollen op het water, maar ook bijzonder door de klimaatbestendigheid, innovatieve aspecten, duurzaamheid en flexibiliteit. Het ligt tot 2015 in de Rijnhaven; daarna wordt het paviljoen verscheept naar een ander deel van Stadshavens. Het complex is een ontwerp van het ontwerpteam Deltasync/PublicDomain Architecten. DWA installatie- en energieadvies ontwikkelde nieuwe concepten voor de energievoorziening en klimatisering. Nadere publicaties hierover zijn in voorbereiding.

kelingen leiden tot innovatieve oplossingen om water een grotere rol te geven in de gebouwde omgeving. In diverse initiatieven wordt gewerkt aan de uitwerking van drijvende steden en waterstedenbouw. In Rotterdam wordt een drijvend paviljoen gebouwd (zie figuur 1 en bijgaand tekstkader).

In het kennisproject 'Waterstedenbouw' is door diverse private, publieke en kennispartijen een haalbaarheidsstudie uitgevoerd naar een waterwoonwijk in de Haarlemmermeer (zie www.bouwenmetwater.nl). Dit kennisconsortium heeft integrale concepten ontwikkeld waarin water een belangrijke en sturende rol speelt voor de inrichting van het gebied met woningen, groen en infrastructuur, zie figuur 2. Naast alle bovenstaande elementen is water in de gebouwde omgeving ook een bron van energie. Dit onderwerp vormt het hoofdbestanddeel van het vervolg van dit artikel. De geschatte ontwikkelingen maken duidelijk dat energiewinning uit oppervlaktewater een typerend voorbeeld is van techniek in een brede maatschappelijke context.



- Figuur 2 - Woonwijkconcepten (visualisatie ontleend aan 'Waterstedenbouw' [3]).



- Figuur 3 - Simulaties temperaturen ongestoorde vijver en een vijver als koudecollector (exclusief dag-/nachtcyclus).

WATER ALS ENERGIECOLLECTOR

In de winter is het water relatief koud, zodat het water kan functioneren als koudecollector. In de zomer warmt het op en kan het fungeren als zonnecollector. De grote vraag is natuurlijk wat de potentie hiervan is.

In dit artikel beperken we ons tot het perspectief van energiewinning door temperatuurverschillen. Energiewinning door het verschil zoet/zout water wordt buiten beschouwing gelaten. We maken hierbij onderscheid tussen de volgende twee systemen.

- Open systemen met stromend water. Een voorbeeld hiervan is een rivier.
- Gesloten systemen zonder natuurlijke doorstrooming. Een voorbeeld hiervan is een vijver die verder niet in contact staat met ander oppervlaktewater. In deze categorie kan weer onderscheid worden gemaakt tussen ondiep water en diep water. Bij diep water kan men gebruikmaken van de gelaagdheid van het water. Bij ondiep water kan dat niet. Dit artikel heeft ondiep water als focus.

Bij open systemen wordt de temperatuur van het water bepaald door wat er stroom-

opwaarts gebeurt. Energiewinning op de betreffende locatie heeft geen invloed op de aanvoertemperatuur van het water. Bij een gesloten systeem heeft, afhankelijk van het volume, energiewinning wel invloed op de temperatuur. Het water zal gedurende de koudewinning opwarmen (zie figuur 3), tijdens warmtewinning zal het water afkoelen. Een ander verschil tussen een ondiep gesloten systeem en een open systeem is het optreden van een dag-/nachtcyclus. Bij ondiep water is er sprake van een duidelijke dag-/nachtcyclus. Gedurende de nachtperiode zijn er dus lagere temperaturen beschikbaar dan bij open stromend water. Dit is een interessant gegeven voor het winnen van koude.

ENERGIEWINNING UIT OPPERVLAKTEWATER

Oppervlaktewater kan dus worden ingezet als warmtecollector gedurende de zomer en als koudecollector gedurende de winter. Omdat vraag en aanbod qua tijdstip niet met elkaar matchen, is er seizoensopslag benodigd. Bij diep water kan dat in de vijver zelf, door gebruik te maken van de gelaagdheid. Bij ondiep water biedt combinatie met een aquifersysteem verschillende mogelijkheden. De koudebron wordt 's winter geladen met koude uit de vijver. In de zomer kan de warme bron worden geladen met warmte uit de vijver (zie figuur 4, op de volgende pagina). Voor inspassing in totaalconcepten voor verwarming en koeling is ook het temperatuurniveau van de warmte en de koude van belang. Het temperatuurniveau van de koude is zodanig dat het direct toepasbaar is voor koeling van gebouwen. De warmte is bruikbaar als bron voor een warmtepomp, voor directe ruimteverwarming is het temperatuurniveau te laag. Voor totaalconcepten kan men denken aan de

inmiddels bekende systemen met warmtepompen en energieopslag. Het is echter ook mogelijk de warmtepomp weg te laten. Dit is een voor de hand liggende optie als gebruik wordt gemaakt van het passiefhuisconcept, bio-energie of geothermie (figuur 5).

■ PRAKTISCHE AANDACHTSPUNTEN

Het perspectief van toepassing van oppervlaktewater wordt niet alleen beïnvloed door de mogelijke energieconcepten. Daarnaast is het belangrijk oog te hebben voor praktische aandachtspunten. Die aandachtspunten hebben enerzijds betrekking op de techniek. Anderzijds op wet en regelgeving.

Techniek

Oppervlaktewater ziet er op visualisaties heel schoon uit. In de praktijk blijkt dit anders uit te pakken. Dit is situatieafhankelijk. Een bestaande vijver met veel waterplanten of een daktuin met water kunnen heel verschillend uitpakken. Er volgt hier een aantal aandachtspunten, zonder hierbij volledig te kunnen zijn. Filtering van het water is in elk geval belangrijk. Dit kan in twee stappen plaatsvinden. De eerste stap is een groffilter met een maaswijdte van bijvoorbeeld 2 cm om het 'grof vuil' er uit te halen. Vervolgens kan men een zelfreinigend filter toepassen voor de kleinere deeltjes. Ter voorkoming van corrosie is materiaalkeuze belangrijk. Voor (in pandig) leidingwerk kan men bijvoorbeeld geen roestvrijstaal (r.v.s.) gebruiken, omdat dit wordt aangetast door stilstaand water als het systeem buiten bedrijf is. Toepassing van kunststof leidingwerk is aan te bevelen (HDPE).

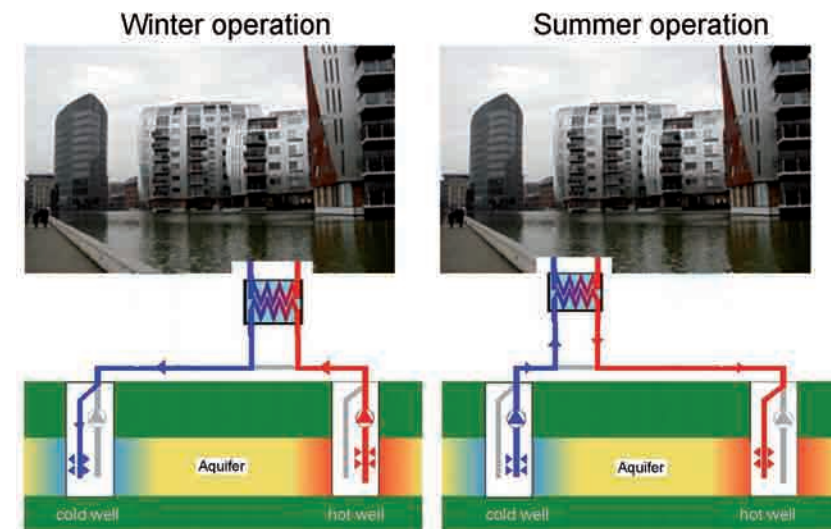
Wet en regelgeving

In geval van gesloten systemen heeft het winnen van energie gevolgen voor de temperatuurontwikkeling van het water. Men kan hierbij te maken krijgen met de Wet verontreiniging oppervlaktewater (WVO), evenals bij open systemen, waarbij Rijkswaterstaat in beeld kan komen. Een kritisch punt hierbij is de maximum temperatuurstijging ten opzichte van de ongestoorde situatie. Een hoogheerraadschap kan hier bijvoorbeeld de eis stellen dat de temperatuurstijging maximaal 3 °C bedraagt. Met behulp van een simulatie van de temperatuurontwikkeling kan hierover worden gerapporteerd richting het bevoegd gezag (zie figuur 6).

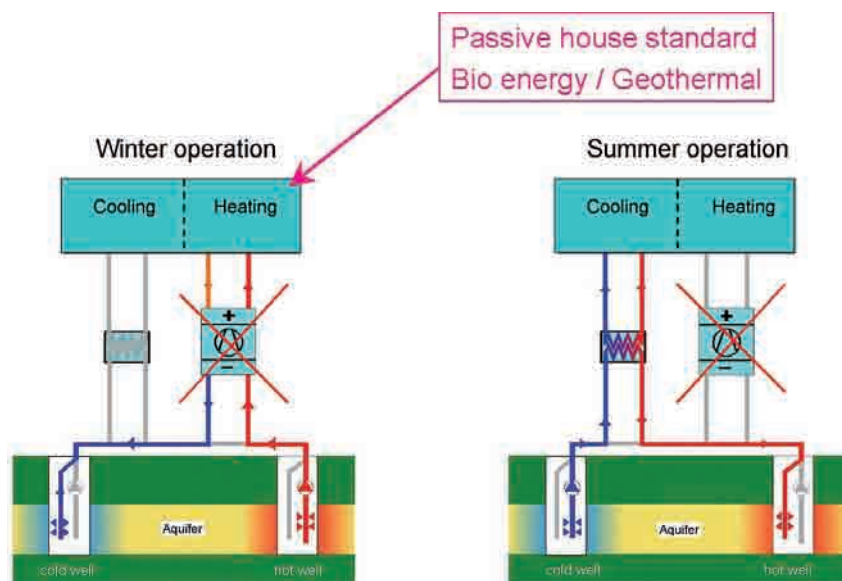
■ REKENMETHODIEK EN INVLOEDSFACTOREN ENERGIEOPBRENGST

Open systemen

Bij open systemen kan men historische gege-



- Figuur 4 - Vijver + aquifer: koudewinning in de winter, warmtewinning in de zomer (deelconcept).



- Figuur 5 - Totaalconcepten verwarming en koeling met en zonder warmtepomp. Passief bouwen en geothermie kunnen alternatieven bieden voor de warmtepomp.

vens opvragen als het gaat om de temperatuurontwikkeling. Met de temperatuurniveaus en debieten valt vervolgens relatief eenvoudig de energetische opbrengst te bepalen. Hier schuilt echter wel een addertje onder het gras. Een voorbeeld is simultaan bedrijf van een warmtepomp en oppervlaktewater in de winter. In geval van parallelschakeling is het resterende debiet voor het oppervlaktewater bepalend: het totaaldebiet van het bronnenstelsel minus het debiet van warmtepomp. De warmtepomp is echter niet altijd in bedrijf of er is sprake van deellast. Koppeling met het vraagpatroon van de warmtepomp is hierbij noodzakelijk. Gebleken is dat dit significante invloed heeft. Er kan een factor 3 verschil optreden in het aantal beschikbare uren.

Gesloten systemen

Voor gesloten systemen is een rekenmodel benodigd dat rekening houdt met de warmte-uitwisseling van de vijver, enerzijds met de

atmosfeer en anderzijds met het opslagsysteem. DWA heeft hiervoor een ééndimensionaal ontwerpmodel ontwikkeld dat geldig is voor ondiepe vijvers. Ééndimensionaal betekent hier dat er geen rekening wordt gehouden met verticale gelaagdheid. In de horizontale richting wordt voor één richting rekening gehouden met de temperatuurgradiënt. De warmte-uitwisseling met de atmosfeer wordt bepaald door:

- zonninstraling;
- netto uitstraling naar de hemelkoepel;
- verdamping en/of condensatie;
- convectie.

De energieopbrengst per m² wordt sterk bepaald door de volgende factoren:

- temperatuurniveaus van het bronnenstelsel;
- circulatiedebiet van de vijver;
- diepte van de vijver;
- drempelwaarde temperatuur voor de ener-

giewinning.

Een quickscan heeft aangetoond dat een koudeopbrengst van 1,3 GJ/m² haalbaar is. Dit kengetal is echter sterk afhankelijk van de genoemde parameters. Verdere kennisontwikkeling is hier wenselijk. Het is de bedoeling ontwerpdiagrammen te ontwikkelen met de bovengenoemde parameters als input. De output bestaat uit de energieopbrengst voor warmte en koude, gecombineerd met de gemiddelde temperatuurverandering als gevolg van de warmte-uitwisseling.

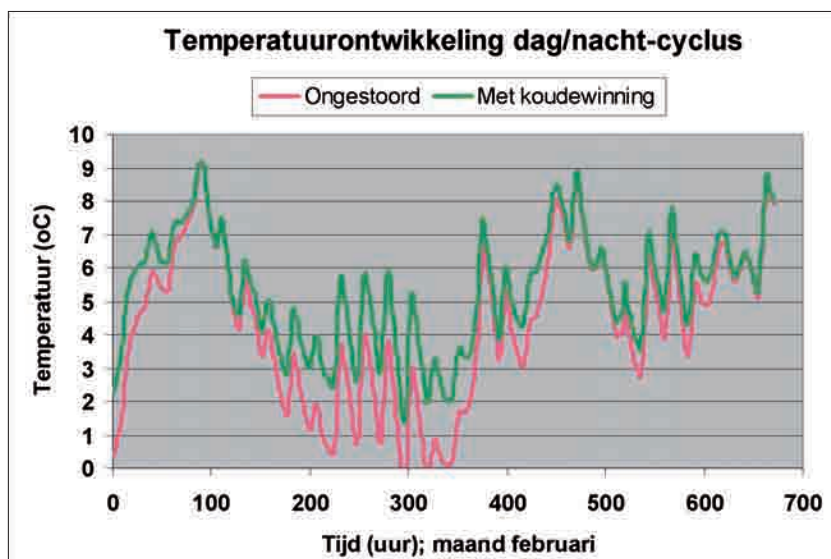
MODELVALIDATIE

Het bovengenoemde model voor gesloten ondiepe systemen is in juni 2008 uitgebreid getest in de vijver van het Paleiskwartier in 's-Hertogenbosch. De metingen zijn uitgevoerd in het kader van een afstudeeronderzoek van de TU Delft [7]. Het betrof een uitgebreide meetcampagne waarin ook het effect van gelaagdheid is onderzocht. In een samenwerkingsverband tussen DWA, TU Delft en onderzoeksinstituut Deltares, zijn de metingen en simulaties met elkaar vergeleken [8]. Het resultaat voor het ontwerpsimulatiemodel is weergegeven in figuur 7. Het betreft hier temperaturen bij de uitstroom van de vijver. Deze zijn van belang om het energiepotentieel betrouwbaar te kunnen bepalen. De diepte van de vijver is 40 tot 60 cm, afhankelijk van de verdamping.

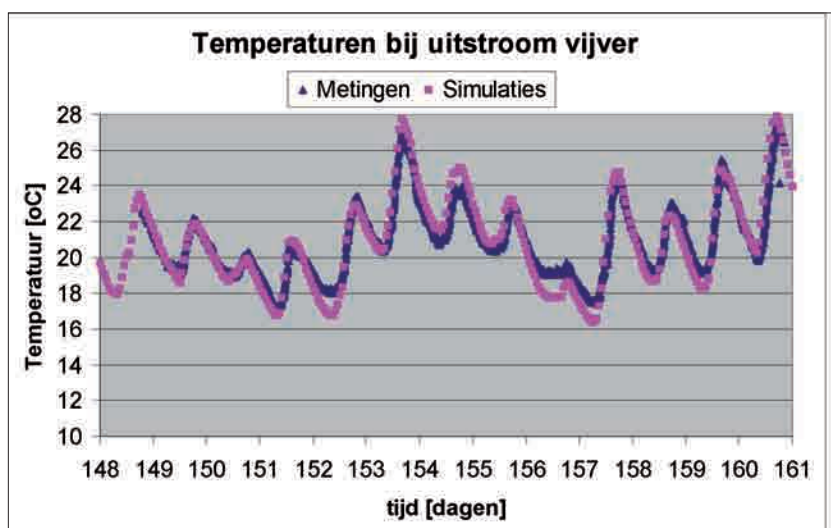
RESUMÉ INZET SIMULATIES

Dit artikel over het perspectief van oppervlaktewater voor de gebouwde omgeving laat zien hoe oppervlaktewater een multifunctionele rol heeft in een brede maatschappelijke context. Voor de potentie van duurzame energie met behulp van oppervlaktewater is gebruikgemaakt van simulaties. Hieruit blijkt hoe simulaties als ontwerptool kunnen bijdragen aan het verwezenlijken van een duurzame gebouwde omgeving. Als resumé kan het volgende worden geconcludeerd voor oppervlaktewater.

- Simulaties zijn benodigd om de energiepotentie en temperatuurniveaus van oppervlaktewater te bepalen. De temperatuurniveaus zijn essentieel om de kwaliteit van de energie (exergie) te kunnen bepalen. Eenvoudig gezegd kan men stellen dat de temperatuurniveaus voor koude geschikt zijn voor direct gebruik voor koeling. De temperatuurniveaus voor warmte zijn zodanig dat extra voorzieningen benodigd zijn (bijvoorbeeld een warmtepomp).
- Met behulp van simulaties kan naar het bevoegd gezag worden gerapporteerd wat de thermische effecten zijn ten opzichte van



- Figuur 6 - Simulaties dag-/nachtcyclus temperatuurontwikkeling, met en zonder warmte-uitwisseling.



- Figuur 7 - Modelvalidatie: gemeten en gesimuleerde dag-/nachtcyclus van de temperaturen van vijver Paleiskwartier.

de ongestoorde situatie.

- Het simulatiemodel is in staat om de dag-/nachtcyclus van de uitstroomtemperaturen goed te voorspellen voor ondiepe vijvers. Het model kan worden gebruikt om de energiepotentie en de temperaturen te bepalen voor ontwerpdoeleinden.
- Het is zinvol om de resultaten van de thermische effecten van de energie-uitwisseling op het oppervlaktewater te bundelen in ontwerpdiagrammen. Hiermee kunnen installatieontwerpers snel inschatten hoeveel oppervlaktewater benodigd is. Met behulp van referentiecasses kan dit ook worden vertaald naar kengetallen voor architecten, landschapsarchitecten en stedenbouwkundigen.

REFERENTIES

1. Vijftien experimenten met bouwen in het rivierbed, Brochure Ministerie van Verkeer en Waterstaat.

2. Klimaatverandering in Nederland, Aanvullingen op de KNMI'06 scenario's. Brochure 2009, KNMI.
3. Waterstedenbouw. Bouwen met Water. Uitgave van 'Bouwen met Water'. www.bouwenmetwater.nl.
4. Kust en kade, NAW dossier 33, september 2009, Bouwfonds Ontwikkeling.
5. Innovations in urban water management to reduce the vulnerability of cities. Rutger de Graaf. Proefschrift TU-Delft, 2009.
6. Climate change mitigation and adaptation to the impacts of heatwaves - an integrated urban planning approach. Andreas Kress, Local land & soil news no.22/23 II/07.
7. Urban Surface Water as Energy Source & Collector. Evelyn Aparicio Medrano. TU-Delft / Deltares, 2008.
8. Energy Capture using urban surface water: modelling and in-situ measurements. Aparicio Medrano, E., Wisse, C.J., Uittenbogaard. R., 2009. Building Simulation 2009.