
SWEX, verspil geen druppel

Deze rapportage is opgesteld in het kader van de Doe&Durf Challenge 2019 van de Koninklijke NLIingenieurs. Deze rapportage dient als inhoudelijke onderbouwing bij de inzending. Naast deze rapportage is een factsheet opgeleverd.

Inleiding	2
SWEX	2
Het fysieke netwerk	3
‘Kapstok’	4
‘Regenjasjes’	5
Monitoring	7
Voorspelling en aansturing	7
Beheerders	7
Gebruikers	7
Waterlabel	7
Subsidies	8
App	8
Privacy	9
SWOT-analyse	9
Voorbeeldsituatie	10
Huidige situatie	10
2020	10
2050	10
2100	11
Conclusie	12
Bronvermelding:	13

Inleiding

Het KNMI heeft in 2014 een aantal klimaatscenario's vastgesteld. Hierbij zijn de onderzoeksresultaten voor het wereldwijde klimaat uit het IPCC-rapport (2013) naar Nederland vertaald.

Volgens de klimaatscenario's zal klimaatverandering onder andere leiden tot hogere luchttemperaturen en meer hittegolven, waardoor een grotere kans op hittestress ontstaat. De klimaatscenario's geven ook aan dat de frequentie en intensiteit van zowel droge als natte perioden zullen toenemen. De extremen worden steeds sterker. Bij een toenemende vraag naar zoetwater, mede onder invloed van klimaatverandering en urbanisering, zullen vraag en aanbod van zoetwater vaker uit de pas lopen. Zeker wanneer hitte en droogte gelijktijdig optreden [1, 2].

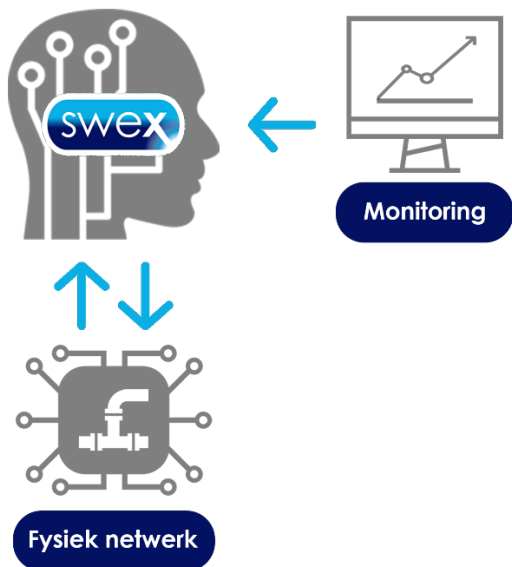
Sommige effecten van droogte in de stad zijn goed zichtbaar, zoals droogteschade aan gras, bomen en struiken, maar veel andere effecten zijn minder zichtbaar. Enkele voorbeelden hiervan zijn het rotten van houten paalfunderingen, schade aan riolen en wegen door vershilzetting, transportbeperking door oververhitting van kabels, schade door boomwortels op zoek naar water en verslechtering van de oppervlaktewaterkwaliteit. Effecten van droogte dragen bij aan hittestress en leiden tot andere vormen van schade. Klimaatadaptatie moet daarom naast wateroverlast en hittestress, ook droogte in de stad adresseren [3].

Zowel hitte als droogte hebben aantoonbaar negatieve maatschappelijke gevolgen. Het gaat hierbij om negatieve invloed op onder andere gezondheid, buitenruimte, leefbaarheid, (drink)waterkwaliteit en -kwantiteit en infrastructuur (Klok en Kluck, 2018).

Om de negatieve effecten van wateroverlast, droogte en hitte in de stad te voorkomen zijn maatregelen vereist. Hiervoor moeten belanghebbende partijen op verschillende schaalniveaus samenwerken. De beschreven problemen kennen verschillende probleemeigenaren, van particulieren tot bedrijven en overheden. Om de samenwerking tussen deze partijen tot stand te brengen binnen een systeem dat een goede waterhuishouding in de stad van de toekomst waarborgt, wordt Smart Water Exchange (SWEX) geïntroduceerd.

SWEX

Smart Water Exchange (SWEX) is hét digitale brein om de waterhuishouding in de toekomstbestendige stad te optimaliseren met behulp van zelflerende algoritmen. Het voorziet in het zo efficiënt mogelijk gebruik maken van het schaarse zoetwater. SWEX wordt gevoed met metingen uit het fysieke waternetwerk en externe data (o.a. weersvoorspellingen en grondwaterstanden). Op basis van deze gegevens worden voorspellingen gedaan van de vraag en het aanbod van zoetwater in het systeem. SWEX beslist waar en wanneer water moet worden geborgen of vrijgegeven en stuurt hierop het fysieke systeem aan. Een schematische representatie van het systeem is weergegeven in figuur 1.



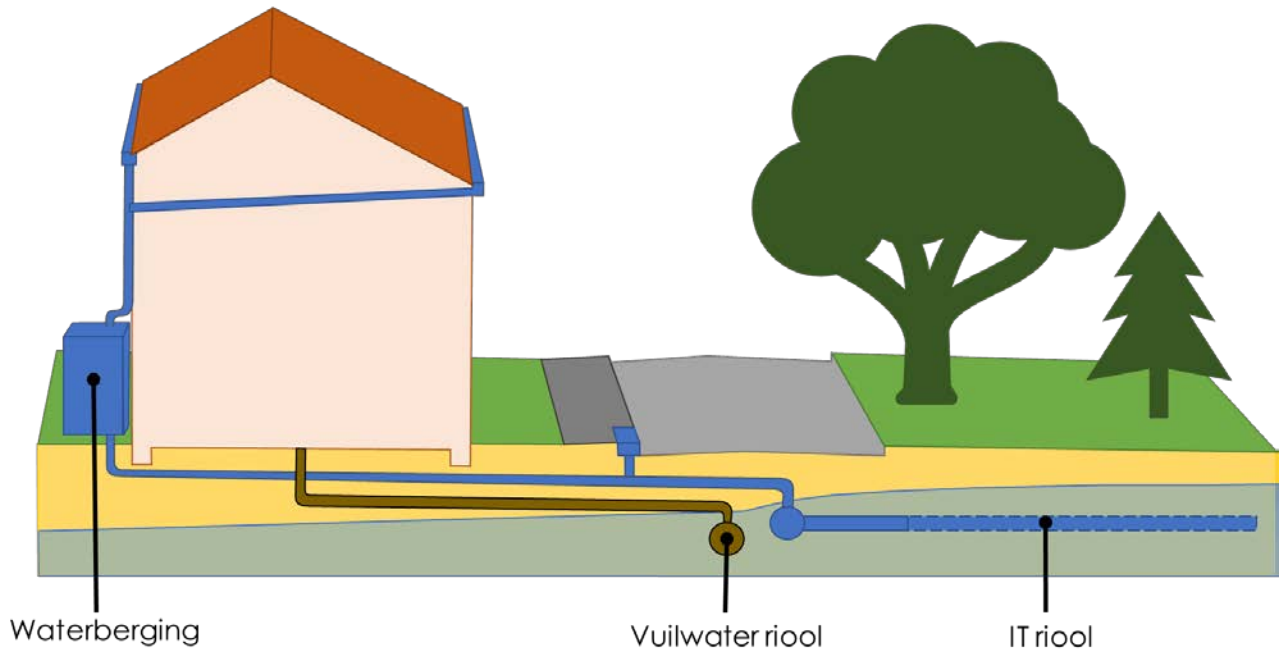
Figuur 1. Een schematische representatie van SWEX

Het fysieke netwerk

Om het volledige potentieel van SWEX te benutten is een fysiek leidingstelsel nodig om water over de stad te distribueren. Voor een groot deel kan hiervoor het bestaande hemelwaterriool worden ingezet. Met het uitvoeren van enkele aanpassingen op maat kan het bestaande leidingstelsel geschikt worden gemaakt voor interactie met SWEX. Er dienen sensoren en kleppen te worden geplaatst, zodat SWEX het fysieke netwerk kan aansturen om het water van A naar B (en omgekeerd) te verplaatsen.

In de huidige situatie wordt hemelwater vaak onder vrij verval (door middel van zwaartekracht) afgevoerd naar het oppervlaktewater en stroomt het uiteindelijk via de rivieren naar de zee. Het hemelwater verlaat het zoetwatersysteem zonder optimaal te zijn benut. Met SWEX wordt hemelwater niet langer direct afgevoerd naar het oppervlaktewater, maar wordt het water vastgehouden en geborgen. In tijden van droogte kan het water worden vrijgegeven en gebruikt worden om aan de waterbehoefte te voldoen.

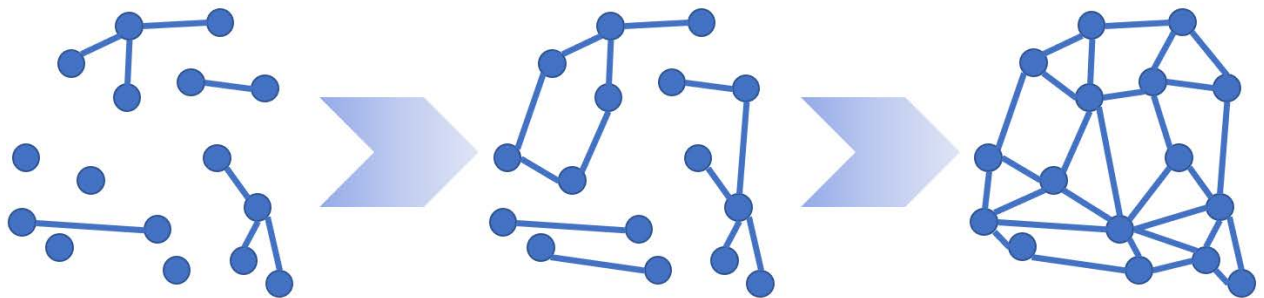
Om het water naar de gewenste locatie te transporteren is een leidingsysteem onder vrij verval niet altijd toereikend. Water moet ook tegen de zwaartekracht in getransporteerd kunnen worden, dit kan middels het aanleggen van persleidingen waar nodig. Via deze persleidingen kan het water van de lageregelegen gebieden naar een hooggelegen punt in het netwerk worden getransporteerd, waarna het via vrij verval kan worden verplaatst naar waar het nodig is. De stroomrichting van het water in het systeem wordt gestuurd met kleppen, kranen en stuwen. Het principe van het netwerk is: Vrij verval waar mogelijk, drukleidingen waar nodig.



Figuur 2. Zeer mooie schets van hoe SWEX in de praktijk een droog park weer vochtig maakt.

'Kapstok'

Het is niet nodig om het gehele riolsysteem in één keer aan te passen. Dankzij het modulaire karakter van het SWEX-systeem kunnen verschillende gebieden (bijvoorbeeld straten of wijken) in eerste instantie een opzichzelfstaand systeem vormen. Na verloop van tijd (bijvoorbeeld bij onderhoud aan het bestaande riool) worden deze aan elkaar gekoppeld zodat één netwerk ontstaat, zie figuur 3.



Figuur 3. Natuurlijke vorming van verschillende kleine netwerken tot 1 groot netwerk

Het systeem maakt gebruik van een gestandaardiseerde wijze van aansluiten en vormt een modulaire basis waaraan alle mogelijke waterbergingsoplossingen kunnen worden aangesloten. Het netwerk fungeert als het ware als een 'kapstok' waaraan verschillende 'regenjasjes' (waterbergingsoplossingen) kunnen worden opgehangen. SWEX berekent voor alle regenjasjes de optimale aan- en afvoer van water en stuurt het systeem hierop aan.

'Regenjasjes'

SWEX verbindt alle mogelijke vormen van waterberging met elkaar en zorgt ervoor dat overal voldoende water aanwezig is op het moment dat dit water nodig is. Er zijn al zeer veel vormen van slimme waterberging in gebruik of in ontwikkeling. De ambitie van SWEX is deze allemaal met elkaar te verbinden tot 1 integraal waterbergings- en transportsysteem, waaraan ook alle nog uit te vinden waterbergingsystemen kunnen worden gekoppeld.

Enkele voorbeelden van slimme waterbergingsinitiatieven zijn hier beschreven:

(Slimme) regenton

Wanneer er zware regen wordt verwacht wordt het waterniveau in de slimme regenton automatisch verlaagd zodat er buffercapaciteit ontstaat. Bij langdurige droogte wordt het vastgehouden water tijdens piekbuien vrijgegeven zodat het gebruikt kan worden voor de tuin of publiek groen [12]. Dit is een eenvoudige manier van waterberging die kan worden aangesloten op het SWEX-proof leidingennetwerk. Wanneer een groot deel van de bewoners in een wijk aansluit op SWEX middels een slimme regenton kan een grote combineerde waterberging worden gerealiseerd.



Bron: Slimmeregenton.nl

Ondergrondse waterberging

In dichtbebouwde steden is weinig ruimte voor het aanleggen van extra open water. Op veel plaatsen is het ook niet mogelijk om gescheiden riolering aan te leggen voor hemelwater en afvalwater. Een lokale ondergrondse waterberging, bijvoorbeeld onder parkeerkelders (zie **Error! Reference source not found.**, kan hier een oplossing zijn voor het bergen van hemelwater [13]. Het aansluiten van dit type berging zorgt voor een relatief grote toename van de bergingscapaciteit in het systeem.



Bron: Gemeente Rotterdam

Blauwe daken

De basis voor waterberging op daken bestaat uit kratten waarin regenwater kan worden opgeslagen. De berging die daardoor ontstaat kan dynamisch worden bestuurd. Het opgeslagen water kan worden gebruikt voor een groen dak, een daktuin of een dakpark. In stedelijk gebied zorgt een groen-blauw dak bovendien voor verkoeling in gebieden met hittestress. Indien er bij nieuwbouwprojecten rekening wordt gehouden met het extra gewicht, zijn ook systemen met een (fors) groter bergingsvolume mogelijk. [6, 7, 8, 9].



Bron: rainproof.nl

Waterbergingsgebieden

Waterbergingsgebieden zijn gebieden die onder water worden gezet als er een te veel aan water is. Deze gebieden worden bij extreme neerslag of rivierafvoer gebruikt om overtollig water tijdelijk op te slaan. In de huidige situatie lopen deze waterbergingen weer leeg wanneer de neerslag/hoogwaterpiek voorbij is [14]. Wanneer deze bergingen worden aangesloten op het SWEX-systeem kan het water slim, voor langere tijd worden vastgehouden of worden verplaatst naar droge gebieden en daar worden gebruikt.



Bron: weeronline.nl

Slimme waterberging bij glastuinbouw

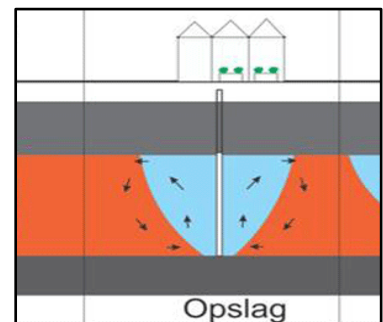
In sommige gemeenten is een zeer groot oppervlakte aan kassen aanwezig. Neerslag die op deze kassen valt stroomt snel af. Er zijn in het verleden veel reservoirs geplaatst die het regenwater opvangen. Dit water kan op een later moment worden gebruikt als begieting in de kassen. Wanneer deze reservoirs vol zijn, stroomt het water echter direct de sloot in. Door de TU-Delft is een systeem ontwikkeld waarmee, op basis van monitoring van de vulling van het reservoir en voorspellingen van de neerslag, een optimale vulling van het reservoir wordt berekend [5, 10, 11]. Door op het juiste moment water af te laten stromen kan voldoende berging worden gecreëerd. Het water wordt door de poldergemalen automatisch afgevoerd, nog voordat de volgende bui valt. De ruimte in het reservoir wordt vervolgens aangevuld door neerslag. Door dit mechanisme wordt de polder tijdens de bui ontzien en is er na afloop toch voldoende water beschikbaar voor begieting. Dit systeem kan eenvoudig worden geïntegreerd in het SWEX-systeem, waardoor overtollig water elders kan worden geborgen/gebruikt. De afvoer van zoetwater uit het systeem wordt hiermee beperkt.



Bron: TU Delft

Ondergrondse waterberging middels infiltratie in de bodem

Ondergrondse waterberging wordt gedefinieerd als "het infiltreren van water in ondergrondse watervoerende lagen in perioden van wateroverschot met als doel dit te onttrekken in perioden van droogte". Deze techniek wordt wereldwijd steeds meer toegepast, waarbij infiltratie van overtollig zoetwater plaatsvindt door putten of infiltratievijvers, terwijl terugwinning vooral via putten geschiedt [13].



Bron: STOWA

Wanneer een dergelijke berging wordt gekoppeld aan het SWEX-systeem kan bovengronds opgevangen piekneerslag voor de opslag voor langere tijd worden geïnfilteerd in de bodem.

Monitoring

Door gebruik te maken van actuele data heeft SWEX op elk moment inzicht in de hoeveelheid water in het fysieke systeem en de directe omgeving. Hiervoor gebruikt SWEX data van de regenjasjes waarin het niveau van het water in de regenjas is aangegeven. Dit is mogelijk omdat alle regenjassen van sensoren zijn voorzien. Daarnaast maakt SWEX gebruik van vrij beschikbare externe monitoringsdata als grondwaterstanden, bodemvochtsensoren en weersgegevens (neerslag, wind, zon). Naast het aanbod wordt ook de vraag van water binnen het systeem gemonitord. Dit gebeurt met geijkte debietmeters, peilbuizen en bodemvochtmeters welke op verschillende niveaus (wijk, straat, of perceel) worden geïnstalleerd.

Voorspelling en aansturing

De metingen kunnen in verschillende data-formaten aan SWEX worden aangeleverd. SWEX zet alle data in een vast format waardoor er op een eenduidige wijze berekeningen kunnen worden gedaan. Doordat SWEX de vraag naar en het aanbod van water uit het verleden opslaat en een zelflerend vermogen heeft, kan het een nauwkeurige voorspelling doen over de toekomstige vraag en het aanbod van water. Op basis van deze voorspellingen stuurt SWEX de kleppen in het systeem en de regenjassen aan en laat het deze zodoende het water opslaan of vrijgeven.

Beheerders

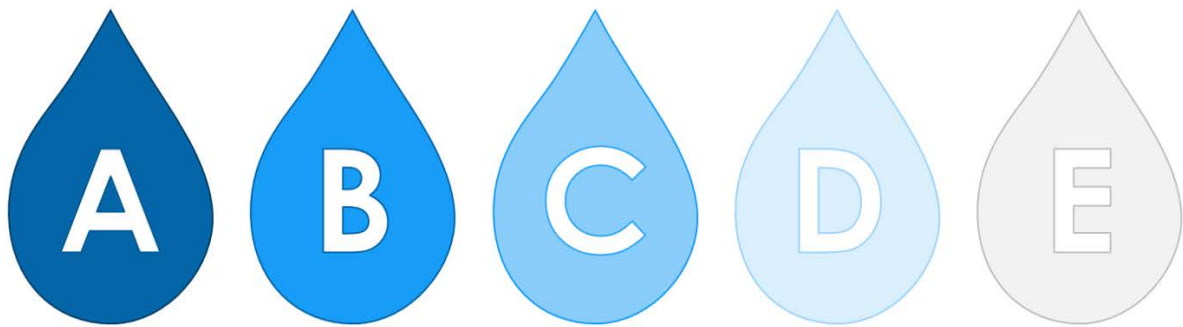
SWEX wordt beheerd door een nog op te richten nutsbedrijf. Dit nutsbedrijf staat onder de controle van en rapporteert aan de lokale overheid bestaande uit het gemeente, provincie en het waterschap. Zodra SWEX ook voor drinkwater wordt toegepast dienen water(productie)bedrijven aan te haken.

Gebruikers

Bedrijven en particulieren worden gestimuleerd om hun regenjas op te hangen aan SWEX. Alleen door middel van samenwerking kan de optimale zoetwaterhuishouding van de toekomstige stad worden gewaarborgd. Je moet je regenjas niet ophangen, je mag. Maar als je je regenjas ophangt dat wordt dit wel beloond door middel van bijvoorbeeld een waterlabel of subsidies.

Waterlabel

Een waterlabel of watercertificaat. Een waterlabel of watercertificaat toont hoe goed het watergebruik en waterhoudinghuishouding van een perceel/gebouw is verzorgd. Het waterlabel of watercertificaat geldt voor bedrijven en particulieren. Het waterlabel is in concept vergelijkbaar aan het energielabel. Het investeren in positieve maatregelen voor de aan- en afvoer van water en het gebruik van zoetwater, zoals het verminderen van bestrating of het faciliteren van berging op je dak, resulteert in een beter waterlabel. Een beter waterlabel of watercertificaat heeft een positief effect op de waarde van het perceel, huis of pand.



Figuur 4. Een potentieel waterlabel: A is heel goed waterbeheer en E is zeer slecht of geen waterbeheer

Subsidies

Korting op gemeentelijke of waterschapsbelasting. Naast een waterlabel worden bedrijven en particulieren ook positief geprikkeld door middel van een korting op de gemeentelijke of waterschapsbelasting. De hoogte van de korting is gekoppeld aan het waterlabel en dus het efficiënt gebruik van water. Het geven van subsidies (vergelijkbaar aan korting) voor de bijdrage aan het waterbeheer van Nederland wordt momenteel al door meerdere waterschappen en gemeente overwogen [4].

Op het reduceren van het watergebruik wordt geen extra korting gegeven, aangezien dit zich direct terugbetaalt in een lagere waterleveringsafrekening (in de toekomst is de prijs van zoetwater door de beperkte beschikbaarheid opgelopen).

App

De SWEX App geeft beheerders en gebruikers de actuele status in de hoeveelheid geborgen water en vrije berging in het systeem. De beheerders kunnen dit op gebiedsniveau zien, de gebruikers enkel de status van hun eigen systeem. Gebruikers kunnen in de app aangeven welke data ze willen delen. Het waterlabel, gebruik van en de besparing op zoetwater zijn in de app zichtbaar. Via de app kunnen SWEX gebruikers elkaar uitdagen op gebied van efficiënt watergebruik.



Privacy

Binnen SWEX worden grote hoeveelheden data verzameld en geanalyseerd, hierdoor kan de privacy makkelijk in het geding komen. Dit mag en zal absoluut niet gebeuren. Om dit te garanderen zullen de gegevens enkel zichtbaar zijn voor de beheerder en de gebruiker zelf. Bovendien zullen de gegevens enkel worden gebruikt ten behoeve van SWEX. Voor de overige gebruikers en externe gebruikers is de data niet zichtbaar, laat staan dat deze gegevens worden gedeeld. Bovendien bepaalt de gebruiker zelf of hij of zij meedoet en wat hij of zij deelt. Het delen van data ten behoeve van SWEX wordt echter wel gestimuleerd middels het waterlabel en kortingen. De gegevens van de gebruikers worden grondig en rechtvaardig beschermd, hierbij wordt voldaan aan de eisen die de Algemene Verordening Gegevensbescherming ("AVG") stelt.

SWOT-analyse

Er is een SWOT-analyse (Strengths, Weaknesses, Opportunities & Threats) uitgevoerd voor SWEX. De analyse is in **Error! Reference source not found.** gepresenteerd.

<ul style="list-style-type: none">• Kostenbesparend• Vermindering waterverspilling• Toekomstbestendig• Verbetering leefbaarheid• Integratie bestaande initiatieven• Modulair systeem	<ul style="list-style-type: none">• Beschikbaarheid water• Onderhoudsopgave• Beperkingen huidig leidingstelsel• Cyber-crime
<ul style="list-style-type: none">• Grotere weersextremen• Urbanisatie• Globalisering• Digitalisering	<ul style="list-style-type: none">• Geen beheerder• Onvoldoende participatie• Kleine winstmarges• Onzekerheid klimaatscenario's

Figuur 5. SWOT-analyse

Voorbeeldsituatie

Aan de hand van een fictieve voorbeeldsituatie wordt de toepassing van SWEX geïllustreerd.

Het is 2050 en je loopt rond in een ingenieuze stad; een bruisende leefomgeving: Deventer. Ten opzichte van de huidige wereld is er veel veranderd in de afgelopen decennia. Go Ahead Eagles heeft zojuist voor de 3e keer de Champions League gewonnen en de Deventer koek is opgenomen in de UNESCO-lijst van immaterieel erfgoed. De stad Deventer is als gevolg van de toenemende verstedelijking gegroeid naar een oppervlakte van 150 km² en een inwoneraantal van 150.000. Door het implementeren van SWEX in het waterbeleid is er al jaren geen wateroverlast en -onderlast geweest, de leefbaarheid is fors toegenomen.

Huidige situatie

De waterhuishouding van Deventer is geborgd in het Gemeentelijk Rioleringsplan Deventer 2015-2020. De inwoners worden gestimuleerd om regenwater af te koppelen van de riolering, hiervoor wordt een subsidie verstrekt. De openbare ruimte wordt opnieuw ingericht waardoor het water minder snel weg stroomt via de riolering naar het oppervlaktewater. Door het doorvoeren van deze maatregelen is er geen noodzaak voor het vergroten van de huidige riolering. Als bijkomend voordeel hoopt de gemeente dat er in droge perioden meer water beschikbaar is om de stad levendig te houden.

2020

In 2020 heeft de gemeente Deventer zich uitgesproken om SWEX te implementeren. SWEX is opgenomen in het Gemeentelijk Rioleringsplan Deventer 2020-2025. Door het vroegtijdig toepassen van SWEX heeft de gemeente Deventer inwoners en bedrijven de mogelijkheid gegeven om regenwater te bergen zodat dit water tijdens droge perioden kan worden gebruikt. Het financiële voordeel voor de gemeente Deventer is dat door toepassing van SWEX het riool (bij een herinrichting) niet hoefde te worden vergroot. Een verkleining was zelfs mogelijk. Het vervangen van Ø400 mm riool door een kleiner Ø300 mm is 50% goedkoper uitgevallen dan het conventionele vervangen door een groter Ø500 mm riool. Dit heeft geleid tot een besparing van €40.000 per 100 m riolering. De aanlegkosten van SWEX varieerden door de wisselende dichtheid tussen €5.000,- en €20.000,- per 100 m, naarmate de ontwikkeling toenam zijn de kosten gedaald. Door het toepassen van SWEX is de aanleg van het nieuwe rioleringsstelsel ca. 25% goedkoper uitgevallen.

Door het gebruik van SWEX communiceren de verschillende maatregelen met elkaar. Periodiek zijn er effectiviteitsoverzichten gemaakt waarna het beleid van de gemeente is aangepast. Gemeente Deventer zag in 2020 al in dat er naast wateroverlast in de toekomst wateronderlast zou zijn. Door het inzetten van SWEX is tevens het wateronderlast probleem opgelost.

2050

Nadat in 2020 de keuze is gemaakt SWEX toe te passen zijn in 2050 8 wijken volledig aangesloten op SWEX. Dit is gedaan door ten tijde van het reguliere onderhoud kleppen en sensoren aan het riool te koppelen. Tevens zijn alle overheidsgebouwen en alle nieuwbouw in Deventer aangesloten. In de volledig aangesloten wijken wordt 90% van de neerslag op verhard oppervlak op de juiste locatie en manier geborgen zodat het in droge

perioden beschikbaar is. De waterbalans van de wijken zijn inzichtelijk via het stadsdekkend monitoringsnetwerk dat tevens input levert aan SWEX. De gebruikers kunnen hun regenwateropslag en gebruik zien via de SWEX App.

Door klimaatverandering is het in de zomerperiode droger en warmer geworden, in de winter is het vooral natter. SWEX voorziet de stad in de droge en warme periode, wanneer de toevoer van water via de IJssel beperkt is, van water. Hiermee kan het grondwaterniveau op peil worden gehouden en stedelijk groen worden geïrrigeerd. Deventer behoudt zijn aantrekkingskracht als bruisende stad.

2100

In de winter van 2100 wordt de overtollige neerslag met behulp van SWEX geborgen in het zoetwatersysteem. Gedurende de extreem droge en warme zomer is de afvoer van de IJssel tot een minimum geslonken, de prijs van drinkwater is naar een recordhoogte gestegen. SWEX stuurt het watersysteem in Deventer aan het geborgen water vrij te geven, zodat zelfs tijdens deze extreme droogte aan ieders waterbehoefte wordt voldaan.

De huizen zijn massaal voorzien van een 'grijs' watersysteem, toiletten worden doorgespoeld met hemelwater, tuinen worden besproeid met hemelwater. Het drinkwaterverbruik neemt sterk af. Lokale waterzuivering met hightech membraantechniek is als regenjas aan SWEX gekoppeld en veredelt "grijs" water tot drinkwater. Dit reduceert de drinkwatervraag van buiten het systeem.

Doordat SWEX voorziet van genoeg water in de zomerperiode blijft de stad vochtig en koel. Het blijft de ideale plaats voor mensen om te wonen, werken en recreëren.

Conclusie

Als gevolg van klimaatveranderingen zullen de weersextremen in de toekomst toenemen. Dit kan resulteren in periodes van wateroverlast, droogte en hitte. Als gevolg hiervan kunnen verschillende vormen van schade optreden. Om deze problematiek het hoofd te bieden is een oplossing nodig die een robuuste waterhuishouding in de stad realiseert.

SWEX biedt deze oplossing middels een slim netwerk van waterbergingen dat aangestuurd wordt op basis van monitoring en weersvoorspellingen. Zo wordt de leefbaarheid van de stad gewaarborgd en is de stad klaar voor de toekomst.

Bronvermelding:

- [1] <https://www.stowa.nl/deltafacts/zoetwatervoorziening/aanpassen-aan-klimaatverandering/droogte-en-hitte-de-stad>
- [2] <http://www.klimaatscenarios.nl/kerncijfers/>
- [3] <https://www.hittebestendigestad.nl/mindmap/>
- [4] "Subsidie op basis van dakoppervlak", Paul Smits, Vakblad riolering, Oktober 2019, jaargang 25
- [5] <https://www.youtube.com/watch?v=0Em4KP50BrU>
- [6] <https://www.nda.nl/waterberging-op-daken/>
- [7] <https://edepot.wur.nl/353620>
- [8] https://www.multifunctioneledaken.nl/files/2016_Blauwe-daken-nader-beschouwd-Timo-Hoekstra.pdf
- [9] <https://www.bouwwereld.nl/bouw kennis/waarom-waterberging-op-daken-belangrijk-is/>
- [10] <http://www.greenportduurzaam.nl/beheerwatersystemen.aspx>
- [11] <http://www.kennisvoorklimaat.nl/waterbuffer>
- [12] <https://www.slimmeregenton.nl/>
- [13] <https://www.stowa.nl/deltafacts/zoetwatervoorziening/verzilting/ondergrondse-waterberging>
- [14] <https://www.waterschappen.nl/meer-waterbergingsgebieden-om-wateroverlast-tegen-te-gaan/>