

# Eindrapport

## Ontwerp Afwateringssysteem Asparuhovo



Lexy Ratering Arntz  
14 januari 2015, TUDelft

## Voorwoord

Dit is het eindrapport voor mijn Bachelor Eind Project (BEP) van de opleiding Civiele Techniek aan de Technische Universiteit in Delft. In dit proces wordt ik begeleid door ir H.J. Verhagen en ir M.Z. Voorendt van de sectie Kustwaterbouwkunde. Graag bedank ik ook ir P.J. van Overloop van de sectie Operationeel Waterbeheer voor zijn hulp bij de modelvorming. Binnen het eindwerk is het ontwerpproces tweemaal doorlopen. Door de strakke tijdsplanning van het BEP proces is de uitwerking waar nodig beperkt en begrensd. Mijn planning is toegevoegd onder Bijlage B26. Mijn evaluatie van het doorlopen proces is opgenomen in Bijlage B27.

Lexy Ratering Arntz

*Delft, 14-01-15*

Cover Foto: Clearing the Bulgarian floods [24]

## Voorwoord

1. Inleiding	5
1.1 Doelstelling	5
1.2 Ontwerpmethode	5
1.3 Aanpak	5
2. Situatieschets	7
2.1 Gebiedsanalyse	7
2.2 Overstromingsanalyse	9
2.3 Eisen	12
3. Modelvorming	15
3.1 Bestaande Situatie	15
3.2 Regenval data	16
3.3 Resultaten Simulatie	18
4. Ontwerp & Simulatie	21
4.1 Totaal concept	21
4.2 Dimensionering Varianten	22
4.2.1 Doorsnede Kanaal	23
4.3 Variant 1: Natuurlijk	24
4.4 Variant 2: Beton	25
4.5 Variant 3: Berging	27
4.6 Variant 4: Serie Overlaten	29
4.7 Kosten	30
5. Evaluatie	31
5.1 Criteria	31
5.2 Toetsingsresultaten	32
6. Conclusie	33
7. Discussie & Aanbevelingen	33
Bijlagen	
B1 Overzichtskaart	35
B2 Foto's van Overstroming Asparuhovo	35
B3 Analyse Westelijke Geul	36
B4 Analyse Oostelijke Geul	39
B5 Stakeholdersanalyse	40

B6 Meerwaarde Analyse	41
B7 Wet- en regelgeving	42
B8 Discussie Inpassing en Integratie	43
B9 Model in SOBEK	43
B10 Manning Ruwheidwaarden	44
B11 Beschrijving 'Sacramento Node'	44
B12 Regenval Data	47
B13 Methode en Formules Concentratietijd	47
B14 Clark Methode	48
B15 Oppervlakten	49
B16 Afvoergrafieken	49
B17 Waterstanden Duiker 1 & 2	50
B18 Transport concept	50
B19 Hydraulische Formules	52
B20 Resultaten Simulatie Variant 1	53
B21 Resultaten Simulatie Variant 2	53
B22 Resultaten Simulatie Variant 3	54
B23 Resultaten Simulatie Variant 4	55
B24 Kostenraming per Variant	55
B25 Bepaling Weegfactoren	57
B26 Planning	58
B27 (Zelf)evaluatie Bachelor Eindproject	59
8. Literatuurlijst	61

# 1. Inleiding

Afgelopen zomer zorgde hevige regenval voor grote overstromingen in de wijk Asparuhovo. Deze wijk ligt aan de heuvelachtige zuidkant van de kuststad Varna in Bulgarije. Na twee dagen van aanhoudende neerslag kwam er op 19 juni plots een grote modderstroom door de wijk heen zetten. Het gevallen regenwater behoort te worden afgevoerd van het hoger gelegen bosrijke plateau Avren met twee bestaande geulen via de wijk Asparuhovo naar de zee. Deze geulen functioneerden niet goed op de betreffende dag; op verschillende plekken langs het traject trad er een opstuwning van het water op. Door de toegenomen kracht en snelheid veroorzaakte het stromende water veel schade. Er kwamen 14 mensen om het leven bij de ramp en de materiele schade (beschadigde huizen, auto's en infrastructuur) wordt geschat op 15 miljoen euro. Er wordt onder andere gedacht dat illegale huizenbouw in de natuurlijke geulen, illegale boskap op de hoger gelegen heuvelrug en het slechte onderhoud van de kanalen de belangrijkste oorzaken van de ramp zijn.

## 1.1 Doelstelling

Het bestaande afwateringssysteem in de wijk functioneerde niet voor de hoeveelheid water die moest worden afgevoerd op de betreffende dag in juni. Er moeten oplossingen worden gevonden om deze extreme afvoeren goed te kunnen verwerken in de toekomst met het oog op klimaatverandering. Binnen dit project is het uiteindelijke doel een ontwerp te realiseren voor de westelijke geul in de wijk Asparuhovo.

## 1.2 Ontwerpmethode

Binnen dit rapport worden een aantal ontwerpstappen doorlopen om een goede integrale oplossing voor de overstromingsproblemen in de wijk Asparuhovo te ontwikkelen. Alhoewel de aanpak van het ontwerpproces chronologisch wordt beschreven in onderstaande aanpak, is het in werkelijkheid cyclisch van aard. Binnen de oriëntatie-, synthese-, simulatie- en evaluatiefase van de ontwerpmethode zoals beschreven door Roozenburg en Eekels (1994) vindt veel uitwisseling van informatie plaats tussen de verschillende ontwerpstappen [1]. Er wordt gewerkt van grof (systeemniveau) naar fijn (ontwerp kanaal).

## 1.3 Aanpak

In het eerste gedeelte van dit rapport is een samenvatting opgenomen van de verschillende doorlopen analyses waarbij het betreffende gebied Asparuhovo wordt verkent, geplaatst in de stedelijke omgeving van de stad Varna. Ook wordt er inzicht gegeven in de oorzaken van de overstromingsramp. De opgestelde randvoorwaarden en eisen waar het toekomstige afwateringssysteem aan moet voldoen worden zoveel mogelijk gekwantificeerd.

Belangrijk binnen de oriëntatie is de vraag of het afvoerprobleem afzonderlijk kan worden opgelost of dat er andere belangen en processen samen moeten worden uitgewerkt om tot een goede oplossing te komen? Er zijn een aantal ontwerpconcepten ontwikkeld voor een drainagesysteem in de wijk Asparuhovo welke voldoen aan de

eerder opgestelde eisen. Deze oplossingsconcepten zijn op een systematische wijze vergeleken aan de hand van de gekozen criteria en aan de opdrachtgever gepresenteerd.

Na de oriëntatie volgt modelvorming. Met behulp van het computerprogramma SOBEK wordt eerst een afvoermodel van de bestaande situatie opgesteld. Bewerkte regenvaldata van de overstromingsramp wordt in het model geïntroduceerd, waarmee de stroming van het water in de linker geul wordt gesimuleerd. De theorie achter het gebruikte regenwaterafvoermodel en de benodigde aannamen in het model worden beschreven. De resultaten worden geanalyseerd en de onzekerheden in kaart gebracht.

Met het opgestelde afwateringsmodel worden een aantal technische varianten ontwikkeld waarbij gevarieerd wordt met de dimensionering, bekleding, ruimtelijke inpassing en berging. Met opgestelde criteria wordt het functioneren van de afwateringskanalen geëvalueerd. In een vervolgstudie wordt de meest geschikte variant in meer technisch detail uitgewerkt.

## 2. Situatieschets

### 2.1 Gebiedsanalyse

Varna is de derde grote stad van Bulgarije, gesitueerd in het noordoosten van het land grenzend aan de Zwarte Zee. Asparuhovo is een arbeiderswijk in het zuiden van de kuststad Varna. De totale gemeente omvat een oppervlakte van 237 km<sup>2</sup> waar 346,000 mensen wonen. De omgeving Varna is dichtbebouwd. De bevolkingsdichtheid in de stad is 1,634 inwoners per vierkante kilometer. De geurbaniseerde vlakte van de stad wordt aan de noordkant begrenst door het 'Frangensko' Plateau en het 'Avren' Plateau aan de zuidkant. Het reliëf van de omgeving Varna is complex en gefragmenteerd. Het meer van Varna splits de stad in 2 delen welke met de 2 km lange 'Asparuhovo brug' worden verbonden. De urbanisatie strekt zich 30 km uit langs de kustlijn waar de bebouwing vooral een woon- en recreatiefunctie heeft. 25 km richting het westen zijn er vooral transport (waaronder de haven) en industriële faciliteiten langs het meer gevestigd. De omgeving is bosrijk en er zijn verschillende beschermde gebieden zoals het 'Golden Sand Natural Park'. Naast de stad en de omliggende vijf dorpen zijn er grote strandresorts die samen met de andere recreatie gelegenheden de regio tot een belangrijke toeristische trekpleister vormen in de zomermaanden [2], [3]. Voor een overzichtskaart van de stad Varna wordt verwezen naar Bijlage 1.

De bevolkingsdrukke creëert op sommige plaatsen verkeerscongestieproblemen [4]. De belangrijkste centrale straten en kruisingen in het centrum van de stad en de toegangswegen tot de resorts in de voorsteden staan erg vaak vast. Dit verlaagt de capaciteit van het vervoersnetwerk in de stad drastisch. De problemen hebben grote economische, sociale, gezondheids- en milieueffecten en degraderen de natuurlijke en gebouwde omgeving. Er zijn daarom verbeteringen van het verkeersmanagement en de bestaande infrastructuur nodig.

Het reliëf van de omgeving Varna is complex en gefragmenteerd. De twee plateaus 'Frangensko' en 'Avren' vormen de heuvelachtige omgeving waarin de verschillende wadi's duidelijk worden gescheiden door geulen, beken en rivieren die in zee afmeren. De meest significante oppervlaktewaterbronnen zijn het natuurlijke reservoir 'Lake Varna' en de ongeveer tien kleinere geulen met een lengte tussen de 0,7 en 12 km. De bodemeigenschappen van de gemeente zijn overwegend bepaald door de aanwezigheid van zwarte aarde en grijze bosgrond. De grijze bosbodems bezetten de hogere delen van het gemeentelijke gebied en de voornaamste soorten zijn; donkergrijze en lichtgrijze bosbodems.

Het klimaatregime binnen de continentale klimaatzone van de Donau vlakte wordt sterk beïnvloed door de Zwarte Zee. Dankzij de langzame opwarming en afkoeling van het zeewater is zijn de seizoenen mild. In de regio Varna valt relatief weinig regen in vergelijking met de rest van het land. De grootste hoeveelheid regen, gemiddeld 50 l/m<sup>2</sup> per maand, valt in de maanden juni en november. De droogste maanden zijn augustus en september met een gemiddelde neerslag van 30-31 l/ m<sup>2</sup> per maand [5].

Volgens het Nationaal Instituut voor Meteorologie en Hydrologie (NIHM), laat de maandelijkse regenvaldata van de afgelopen zestien jaar een steeds scherper klimaat contrast van maand tot maand zien. Deze variaties en contrasten in temperatuur

kunnen zorgen voor snelle veranderingen in de hoeveelheid regenval. Dit leidt vervolgens tot extreme weersituaties, zoals schadelijke overstromingen en droogte. De stortregens resulteren in overstromingen van de bebouwde gebieden. De hoeveelheid schade is afhankelijk van de intensiteit van de buien. Vaak zorgt het ook overlopen van het rioleringsstelsels voor hygiënische problemen in de kustwateren. In de droge periode is er een tekort aan drinkwater. Dit water wordt ook gebruikt voor irrigatiedoeleinden en schoonmaakactiviteiten van de publieke ruimte. Omdat de zomers warmer worden, zal er een langer toeristenseizoen ontstaan. Dit vraagt om een verbeterde watermanagementstrategie om o.a. een blijvende kwaliteit van de zwemwateren te realiseren.



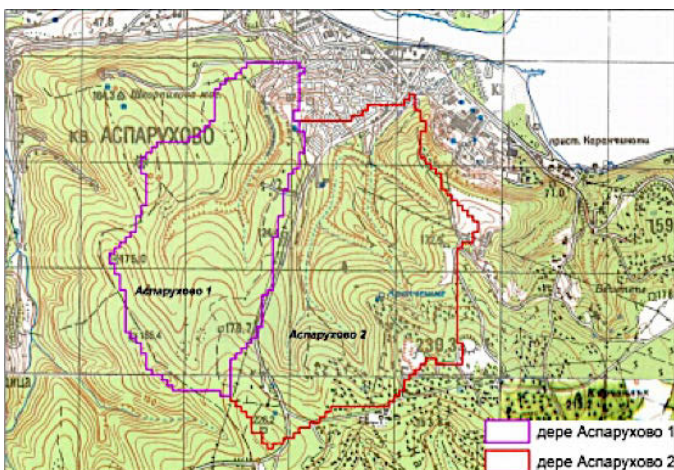
Figuur 1: De wijk Asparuhovo [6]

De stad is verdeeld in vijf districten waaronder het Asparuhovo District, waar ongeveer 27,000 mensen wonen. Het gebied is gelegen in het zuidoostelijke deel van de stadsregio Varna en beslaat een oppervlakte van 58.435 hectare. De stadsregio Asparuhovo wordt begrensd door de Zwarte Zee en de haven en de spoorzone van Varna in het noorden. Kenmerkend voor de regio is de seizoensgebonden dynamiek van de bevolking in de periode van mei tot oktober, wanneer er ongeveer 20.000 mensen extra bij komen. De organisatie en het bestuur van het district bevindt zich in het winkelcentrum in de wijk Asparuhovo (figuur 1). In de wijk zijn er een aantal scholen, twee onderzoeksinstituten en twee sportcomplexen, waarvan er een gebouwd is in het 'Asparuhovo park'. Dit park grenst aan de wijk en aan het 'Asparuhovo strand'; een kustgebied met een oppervlakte van 66.651 m<sup>2</sup>. De hypermarkten 'CBA', 'Billa', 'Penny' zorgen voor werkgelegenheid voor veel inwoners van het gebied. Andere werkgelegenheid voor inwoners van Asparuhovo is er in de regionale economische sectoren scheepsbouw, scheepsreparatie, voedsel en visverwerkende industrie, en toerisme. Daarnaast is er een marktstraat aanwezig ter hoogte van 'Moryaska' straat. Binnen de wijk bevindt zich ook de zigeunerwijk 'Rozova Dolina'. Voor de huizen in deze wijken zijn veelal geen bouwvergunningen verleend. "Niemand weet precies hoeveel mensen daar wonen, of hoeveel huizen en hutten van spaanplaten er zijn", volgens journalist Spas Tsvetkov van de 'Bulgarian Helsinki Committee', een onafhankelijke mensenrechtenorganisatie [7].

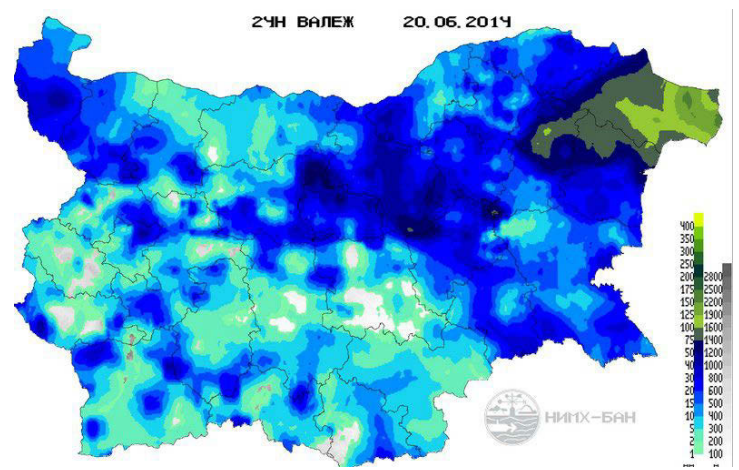


## 2.2 Overstromingsanalyse

De overstromingen in juni 2014 hebben een grote impact gehad op de wijk Asparuhovo. Zware regenval veroorzaakte een enorme watergolf in de wijk. De golf begon in het hoge gedeelte van de wijk en werd op sommige plaatsen wel 3m hoog. Het snelstromende water overspoelde de straten en huizen met modder en puin, en stapelde auto's op elkaar als speelgoed [8]. De wegen in en buiten de wijk waren geblokkeerd en tienduizenden mensen zaten zonder elektriciteit. Met de storm kwamen 14 mensen om het leven, waaronder twee kinderen. De infrastructuur van de wijk was totaal vernietigd en tientallen huizen verwoest. 1500 mensen moesten worden geëvacueerd. Het water zocht de kortste weg naar zee tussen de bestaande infrastructuur en bebouwing en nam alles mee in zijn stroom. "De tragedie is enorm. Ik ben hier op een straat in een buitenwijk van Asparuhovo. De straat is niet hier, de huizen zijn hier niet, er zijn auto's gestapeld op elkaar," beschreef de burgemeester van Varna, Ivan Portnih, op de dag van de ramp [9]. Beelden van de ramp geven de omvang van de schade in foto's weer in Bijlage B2.



Figuur 2 : Afstromingsgebieden boven Asparuhovo [5]



Figuur 3 : Intensiteit regenval 20-6-2014 [5]

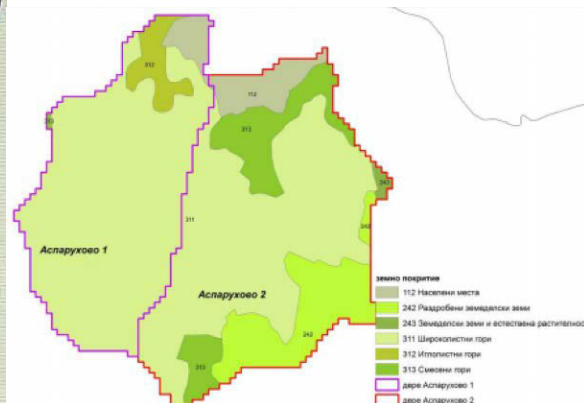
De regenval in Varna tijdens de twee dagen in juni was net zo groot als de gemiddelde regenval in 1 maand, volgens het Nationaal Instituut voor Meteorologie en Hydrologie (figuur 3). Er viel ongeveer 35 l/m<sup>2</sup> van s'ochtends 18 juni t/m de nacht van 19 juni in Varna. Een uitgevoerde hydrologische studie na de ramp geeft inzicht in de afwateringsprocessen. Gebaseerd op de hoogtelijnen is het gebied boven de wijk opgesplitst in twee afstroomgebieden (figuur 2) waarvan het gevallen regenwater afstroomt in de valleien richting de wijk Asparuhovo. Door de constante regenval stond het grondwaterpeil zo hoog dat de regen niet meer in de grond kon trekken. Het water zocht een weg naar lagere plekken via de natuurlijke geulen. Volgens Oleg Kolev, specialist in 'Landslides en Strengthening territories' van gemeente Varna, heeft het afstroomgebied van het westelijke drainagekanaal een oppervlakte van 4.5 vierkante kilometer, met een regenintensiteit van 35 l/m<sup>2</sup> zou dit een potentiële injectie van 141 miljoen liter water in de wijk kunnen betekenen [9]. De grote geconcentreerde regenval die neerviel in het gebied, de snelle zwelling van de grond en de verminderde geleidbaarheid van het ravijn zijn voorwaarden voor de vorming van hoge vloedgolven.

Ook blijft er gevaar bestaan na de natuurramp. Er kunnen andere geodynamische processen zoals actieve aardverschuivingen in werking worden gezet. Daarom bestaat er nog steeds een verhoogde afschuivingskans voor gebouwen in de wijk.

Het overheersende bodemtype op de hellingen boven Asparuhovo wordt geclassificeerd als grijze bos, leem, zandige klei en zand bodems (figuur 4). Het ravijn is begroeid met lage en midden-hoge vegetatie. De bebossing van de geul bestaat voornamelijk uit loofbossen, gemengde bossen, naaldbossen en natuurlijke vegetatie (figuur 5) [10]. De illegale boskap binnen deze afstromingsgebieden heeft de hoeveelheid afstromend water vergroot. Door de kap van bomen verliest het gebied retentiecapaciteit. Het water dat neervalt kan niet worden vastgehouden door de vegetatie maar stroomt snel af. Tijdens de hevige neerslag in 1950, schoof de toplaag van het Frangensko plateau (aan de noordzijde van Varna) af in de vallei waarbij de stad overstroomde. De afgelopen 50 jaar is het bos daar kunstmatig aangeplant als preventieve maatregel. Emmanuel Dimitrov, directeur van het 'Regional Forest Directorate' vertelt hoe hij heeft gestreden tegen de illegale houtkap in de jaren dat het bos boven Asparuhovo werd gekapt. Tussen 2011 en 2014 zijn er 250 overtredingen geregistreerd en 8 gevangenisstraffen uitgedeeld voor illegale boskap-activiteiten. Volgens Dimitrov geven deze getallen een te geringe afspiegeling van de werkelijke boskap. De boskap boven de wijk is omvangrijk geweest in de afgelopen perioden [11].



Figuur 4: Bodem [12]

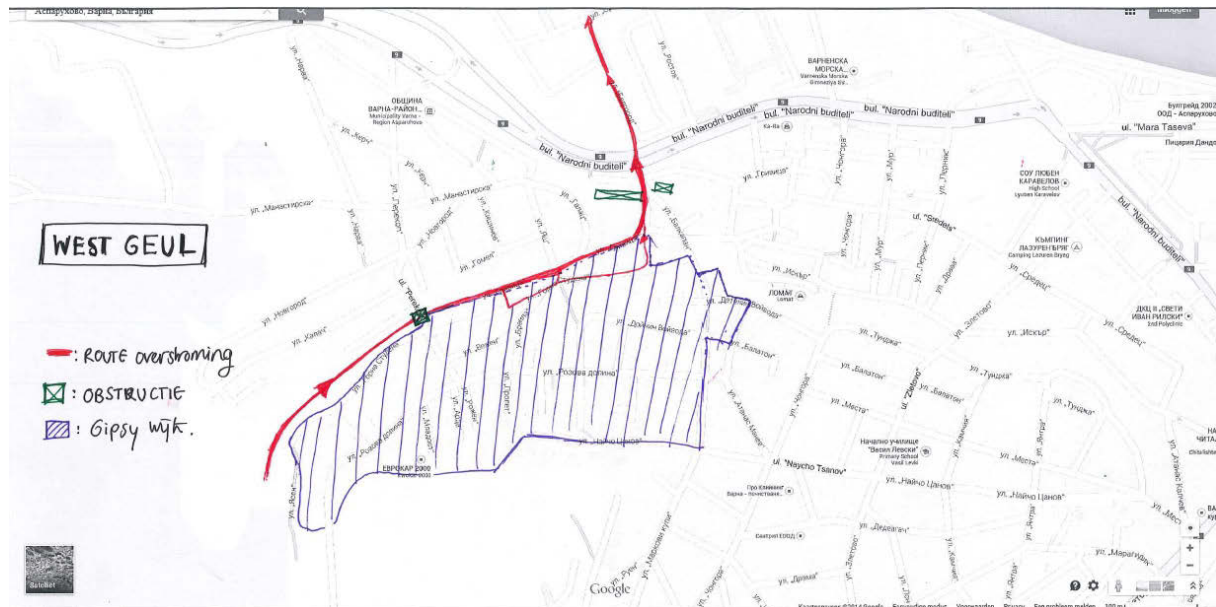


Figuur 5: Bebossing [5]

Volgens deskundigen zijn er meerdere oorzaken waarom het district Asparuhovo het meest getroffen gebied is in de stadsregio Varna. De twee natuurlijke geulen functioneerden niet goed op de betreffende dag; op verschillende plekken langs het traject trad er een opstuwning van het water op. Wanneer men de route van het stromende water afreist, worden de problemen inzichtelijk.

Aan de hand van beelden (Bijlage B3) van architect Christo Topchiev van gemeente Varna wordt de problematiek in de bestaande westelijke geul zichtbaar gemaakt [13]. Op deze plaats vonden de meeste dodelijke ongevallen plaats. Bij de ingang van de wijk is de geul 20 m breed en 8 m diep. De geul wordt smaller verder de wijk in tot de kruising met de wegoevergang. Bovenop deze wegoevergang is een kapperszaak gebouwd. Na de wegoevergang is er geen sprake meer van een kanaal, er resteert slechts een hand gegraven beekje langs de zigeunerwijk 'Rozova Dolina' (zie figuur 6). Deze huizen achter de brug zijn gebouwd op water niveau. Het beekje loopt verder tot de straat 'Grivitsa'

waar de afwaterings-mogelijkheden stoppen. Vanaf dit punt kan het water alleen via de straat 'Gorna Studena' afstromen. Figuur 6 geeft een analyse van de stroming van het water door de wijk. De conclusie is dat een goed ontwerp van de afvoerinfrastructuur niet aanwezig is en de bestaande situatie ontoereikend is geweest voor de hoeveelheid af te voeren water in de westelijke geul.



Figuur 6: Analyse Stroming Westelijke Afvoergeul

Ter hoogte van de brug in de westelijke geul zou er een doorgang van 6 buizen moeten zijn voor het water. Volgens getuigen waren deze al verstopt met takken en modder na een paar minuten stroming. Op veel plekken in de wijk waren de geulen bovendien niet goed onderhouden en functioneerden als een afvalverzamelingsplek. De rommel en illegale bouw verstoorde de normale waterstroom waardoor het water grote poelen vormde. Toen de dammen van vuil en afval braken, overstroomde het gebied. Het belangrijkste obstakel in de westelijke geul was een illegaal gebouwde kapperszaak bovenop de wegoevergang. Toen het bezweek onder de druk, rukte het water de omliggende huizen los, daar waar de meerderheid van de 14 slachtoffers woonden. Omdat het gevaar zich plots inzette, was er geen tijd voor evacuatie. Ook tijdens de eerste periode van de regenval is er geen poging gedaan om de kanalen leeg te halen of maatregelen te treffen voor pre-evacuatie van de bewoners in Asparuhovo.

In de oostelijke geul is iets meer infrastructuur aanwezig. Er bevindt zich een betonnen goot over het gedeelte van het traject tot aan de Asparuhovo markt. Na de markt bestaat er een gegraven goot met behoorlijke dimensies tussen de verschillende richtingen van de staat 'Moryashka' tot aan het afwateringspunt in zee. Problematisch is het gedeelte net voor de Asparuhovo markt. Er stonden over een gedeelte van de betonnen goot een aantal kleine winkelpanden. Deze eerste bebouwing over het kanaal is totaal weggevaagd door de kracht van het opstuwende water. Het water is daarna door de markt heen gestroomd, en heeft ook hier materiële schade aangericht. Er zijn ook beelden verzameld om een beeld te geven van de bestaande infrastructuur in de oostelijke geul (Bijlage B4).

De oorzaak waar het meest naar wordt verwezen in de pers na de ramp, zijn de illegale Roma huizenbouw in de wijk Rozova Dolina. Volgens Oleg Kolev moeten huizen met ten minste 25 meter afstand van de betonnen bodem van de geul worden gebouwd. In plaats daarvan werden de huizen in de gipsy wijk pal naast het gegraven kanaal gebouwd. Radoslav Koev [14], vertelt dat de belangrijkste reden voor de tragische gebeurtenissen, de toegestane bouw in het hoofd van afwateringskanaal was. Zelfs als deze huizen op een platform zouden worden gebouwd is er met een vloedgolf van 2-3m hoogte geen redding mogelijk. De tijdelijke, ongestructureerde huizenbouw in dit bovenste gedeelte van de wijk zorgt voor een gebroken afvoersysteem en infrastructuur voor de gehele wijk Asparuhovo. De smalle straatjes van de wijk hebben bijgedragen aan het verhogen van het niveau van het water tot een sterke stroming.

De bewoners van de straat 'Gorna Studena' beweren dat hun huizen volledig legaal zijn gebouwd en de vele verwijten voor de overstroming aan hun adres zijn extra pijnlijk aangezien de meeste omgekomen mensen in de zigeunerwijk woonden. Deze ca. 300 illegaal gebouwde huizen in Asparuhovo verschenen in de jaren 60 en 80. Omdat er een dam werd geconstrueerd op de plek waar deze mensen eerst woonden, besloot de gemeente tot de relocatie van deze bewoners als oplossing [14]. Na de ramp bevelen lokale autoriteiten de evacuatie van 120 structureel instabiele huizen in Asparuhovo. De kosten van het restauratie werk is meer dan 3.6 miljoen euro voor de gemeente Varna. Volgens de residentiële registratie wonen er ongeveer 1000 mensen in het meest geruïneerde gebied. De vraag is waar deze mensen nu naartoe worden verplaatst [15]?

## 2.3 Eisen

Binnen de oriëntatiefase zijn er verschillende analyses doorlopen (Bijlage B5,B6,B7) waaronder een stakeholdersanalyse en meerwaardeanalyse. Hieronder volgt een korte samenvatting van de verschillende randvoorwaarden en wensen die naar voren gekomen zijn in de analyse. Binnen deze onderwerpen zijn aantal eisen voor de opdrachtgever opgesteld waaraan het ontwerp moet voldoen. In de modelvorming zijn meer specifieke voorschriften voor het ontwerp toegeschreven. Er moet worden opgemerkt dat deze voorschriften in sommige gevallen gebaseerd zijn op enkel de regenvaldata van afgelopen zomer. De ontwerpen die voldoen aan deze eisen zijn dan ook maatregelen voor de specifieke overstromingssituatie van afgelopen zomer.

### *Capaciteit*

De belangrijkste eis aan het ontwerp is de capaciteit van het systeem. Het afwateringssysteem moet voldoende groot worden gedimensioneerd.

Klimaatverandering is een tastbaar concept in Bulgarije. Er moet daarom rekening worden gehouden met toenemende regenval, welke moet kunnen worden verwerkt.

- In dit ontwerp moet het kanaal de ontstane afvoer van de regenbui van afgelopen zomer kunnen verwerken richting zee zonder niet-repareerbare schade te veroorzaken.

### *Veiligheid*

De omgeving van inwoners van de wijk Asparuhovo tijdens periodes van hevige neerslag moet veilig worden gesteld. Ook moet worden gedacht aan de fysieke veiligheid van het ontwerp zelf. Er moet geen gevaar optreden in relatie met de omgeving en normaal gebruik van infrastructuur.

- Geen buiten de oever treden van het af te voeren water
- Waakhoogte van de oever met een extra 0.10m
- Beperking van de snelheid van het stromend water
- Verhoudingen van de zijhellingen 1:1.5 (verticaal: horizontaal)

### *Doorstroming*

Er moeten geen obstructies in het ontworpen afwateringsysteem zijn of kunnen vormen. Er moet een inpassing worden gevonden voor het traject van het afwateringskanaal rekening houdend met de bestaande bebouwing en infrastructuur. Een precieze inpassing van het afwateringssysteem waarbij goed rekening wordt gehouden met de bestaande infrastructuur is een belangrijk criteria in het afwateringsvraagstuk voor de wijk. Een discussie is opgenomen in Bijlage B8. Door de beperkte omvang en fysieke afstand van dit project, is besloten om de precieze inpassing van het kanaal achterwege te laten.

- De kanaalbodem is geleidelijk hellend en volgt de natuurlijke gradiënt van het landschap. Gemiddelde waarde is 3.3%
- De verschillende doorsneden van het kanaal moeten goed aansluiten. Geen abrupte vernauwingen.
- Geen scherpe bochten of andere knellingspunten
- Geen obstructies (vuil, infrastructuur, of auto's) in de geul

### *Betaalbaarheid*

Een ander belangrijk punt is de betaalbaarheid. Bulgarije is geen rijk Europees land en het herstel van wegen en andere infrastructuur na de overstromingsramp is al een enorme kostenpost gebleken voor de stad.

- Een vergelijkingsstudie van de verschillende varianten moet uitspraak doen over de kostenraming op basis van eenheidsprijzen.
- De ontworpen constructies moeten uitvoerbaar zijn en geen grote technische complexiteit kennen.

### *Duurzaamheid*

De tendens in Bulgarije is om te construeren met goedkope bouwmaterialen waardoor de levensduur van veel gebouwde constructies niet groot is. Het afwateringssysteem moet zo ontworpen worden dat de wijk met geplande minimale onderhoudswerkzaamheden, gedurende de komende 50 jaar voorzien is van een goed functionerend afwateringssysteem.

- Gebruik duurzame of natuurlijke materialen

## *Onderhoud*

De gemeente is verantwoordelijke voor het onderhoud van het toekomstige systeem. In de overstromingsanalyse is gebleken dat er aan het bestaande systeem niet of nauwelijks onderhoudswerkzaamheden plaatsvonden. Het ontwerp moet zo worden ontworpen dat er minimale reden is voor onderhoud. Ook moeten er richtlijnen worden omgesteld voor jaarlijkse onderhoudswerkzaamheden. Als er structureel onderhoud moet plaatsvinden aan bepaalde componenten van het kanaal, moet dit gedeelte toegankelijk zijn voor reparateurs.

- Kosten voor onderhoud moeten beperkt blijven
- Gemiddeld onderhoud 2x per jaar, onderdeel van onderhoudsplan.

## *Verkeers- en gebiedsverbetering*

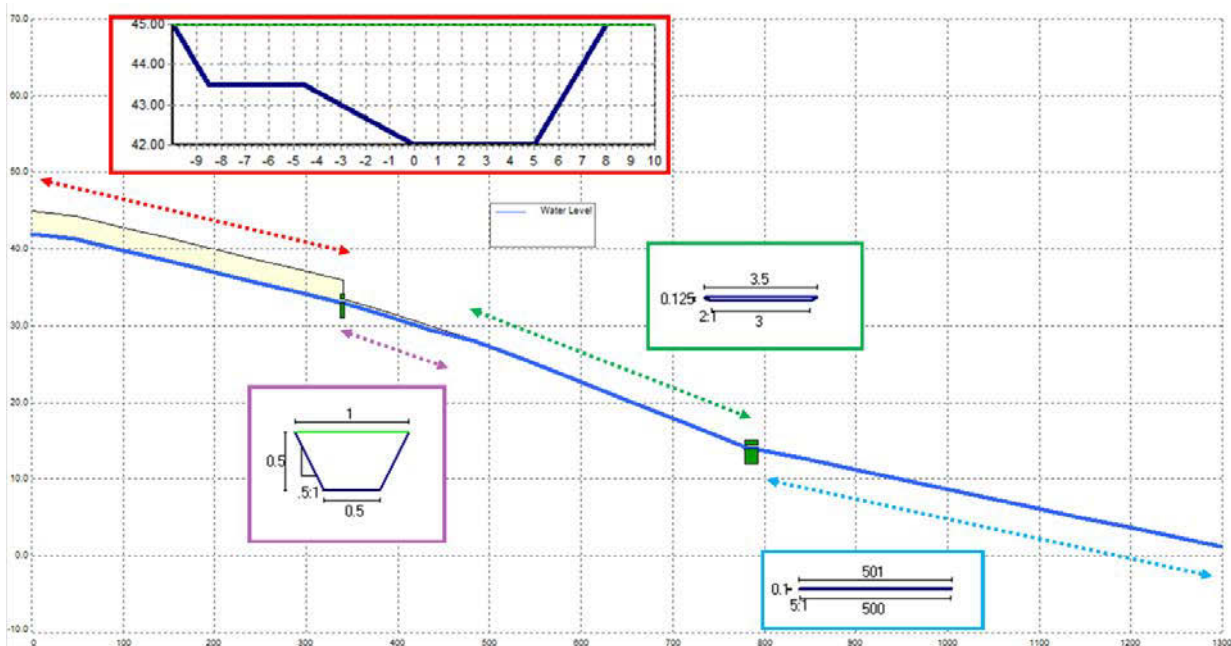
Er zijn verbeteringen in verkeersmanagement en van de bestaande verkeersinfrastructuur nodig. De gemeente wil extra faciliteiten voor voetgangers en fietsers om meer toegankelijkheid te bieden. Het bestaande afwateringsontwerp kruist een aantal belangrijke verkeerspunten in de wijk. Tevens is een wens vanuit de opdrachtgever om een stuk publieke ruimte, mee te ontwikkelen. Hierbij kan worden gedacht aan parken en groen in de stad om de wijk aantrekkelijker te maken.

- Verkeer mag geen hinder ondervinden van de af te voeren hoeveelheid water
- Beiden wegen die het kanaal kruisen blijven bestaan.

### 3. Modelvorming

#### 3.1 Bestaande Situatie

Met behulp van het afvoermодelleringsprogramma SOBEK Rural 2.13 wordt er inzicht gegeven in de bestaande afvoer situatie in de wijk Asparuhovo. Voor de westelijke geul is een schematische weergave opgesteld (zie Bijlage B9) waarbij het stromingsverloop in een viertal stukken is opgedeeld met karakteristieke doorsneden. Ook zijn er objecten geplaatst waar extra obstructie van het water plaatsvond. Deze weergave van de werkelijkheid en de dimensies van de objecten is geschat aan de hand van gevonden informatie in de overstromingsanalyse. Een zijaanzicht van de geul met de verschillende doorsneden zoals opgenomen in het model is te zien in figuur 7.



Figuur 7: Zijaanzicht geul met doorsneden

Bovenstrooms is de natuurlijke geul breed en heeft de doorsnede een asymmetrische trapezium vorm. Ter hoogte van de kapperszaak gebouwd bovenop de aanwezige wegwakruising is een duiker ('culvert') geplaatst. Dit stelt een betonnen geul van 5m lang voor met een hoogte van 0,5m en een breedte van 1m. Na deze kapperszaak is het stroomprofiel drastisch aangepast. De doorsnede op dit traject tot aan 'Grivitsa straat' is een smal gegraven geultje met 0,5m bodembreedte, en een maximale oeverhoogte van 0,5 m ten opzichte van de bodem. In de simulatie worden hier ernstige overstromingsverschijnselen verwacht. Op het punt waar de stroomgeul de wijk in afslaat, neemt het stroomprofiel de dimensies aan van de straat. De straat 'Gorna Studena' wordt geschat op 3,5m breedte. Daarnaast wordt er een hoogte aangehouden van 20cm waar het water kan stromen zonder ernstige schade aan te richten. Stroomafwaarts richting de grote wegwakruising bevindt zich weer een duiker. Voor dit element is een lengte aangenomen van 20m, een doorsnede met breedte 1m en hoogte van 0,5m.

De gebruikte ruwheidswaarden  $n$  van Manning voor de profielen zijn onafhankelijk van de waterdiepte in een waterloop, maar wordt bepaald door kenmerken van de

waterloop zoals bodem, vegetatie en vorm [16]. Een overzichtstabel is opgenomen in Bijlage B10. De straten en betonnen lopen hebben een ruwheidswaarde van 0.013. Aan het grote natuurlijke profiel bovenstrooms, net als de gegraven geul is een waarde van 0.050 toegekend, kenmerkend voor een natuurlijke loop met vegetatie en vuil.

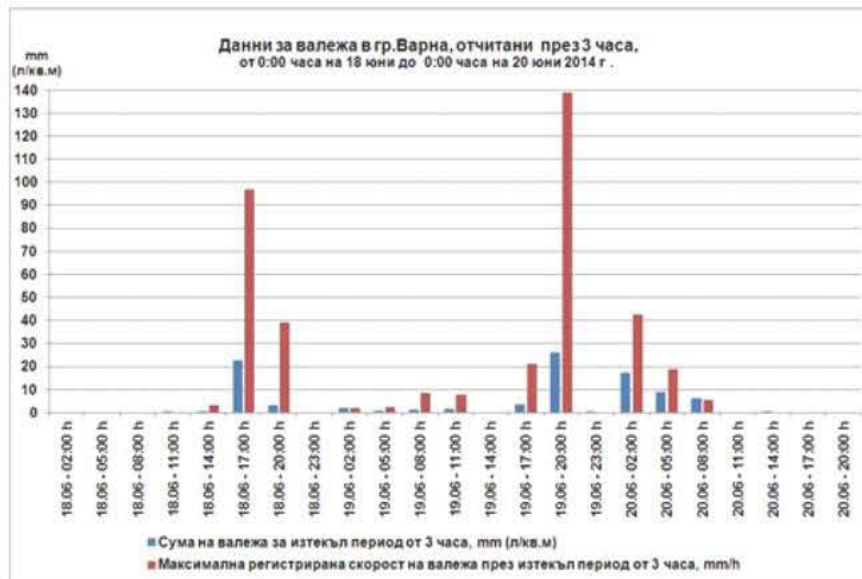
Binnen de SOBEK omgeving is de 'Rainfall Run-off module' gekoppeld aan het stroomschema van de '1DFLOW module'. Via de regenval module wordt er regenval data gestuurd naar de open water lopen van het systeem. Het stroomschema begint op een hoogte van 55m ten opzichte van het afwaterpunt in de zwarte zee, bovenaan de westelijke natuurlijke geul. De stroming legt vervolgens een route af van 1300m. Het water dat moet worden afgevoerd wordt gegenereerd door de regenbui die neervalt in het afstroomgebied. Het gehele afstroomgebied is gemodelleerd in de 'Sacramento Node'. Sacramento is een concept voor regenval-afvoer modellering. Dit element in het programma transformeert regenval data dat valt op een gebied in een stroming richting het open water [17].

Het landoppervlak is ingevoerd waarbij het bedekkingstype is meegenomen. 374 hectare wordt gekenmerkt als loofbos, 16 hectare als naaldbos, en 27 hectare als onderbroken stedelijke weefsel. Dit laatste oppervlakte is gecategoriseerd als ondoordringbaar ('impervious') terrein. De regenval die op dit gedeelte valt zal gelijk worden getransformeerd in directe afvoer ('direct run-off'). Daarnaast bestaat er een component oppervlakte afvoer ('surface runoff') en 'interflow'. Het concept bevat zo nog een tiental functies en in te voeren parameters waarvoor een groot deel aannames en schattingen zijn gemaakt. Onder Bijlage B11 is alle informatie over de Sacramento node te vinden, zoals een schematische weergave van de processen (A), de aangenomen beginwaarden voor de parameters van het gebied (B) en de capaciteiten van de grond (C), en verdere uitleg van de gebruikte parameters (D).

### 3.2 Regenval data

De maatgevende regenbui is de regenval gedurende 18 en 19 juni 2014. Met deze data kan de overstroming worden gemodelleerd in SOBEK. De regenval data is afkomstig van het weerstation DAVIS, gelokaliseerd in het meteorologische park in Varna [5]. In figuur 8 is de regenvaldata van dit weerstation gepresenteerd. De blauwe balken laten de gevallen regen zien binnen perioden van 3 uur. De rode balken geven de maximale regenvalintensiteit (mm/h) binnen een periode van 3 uur. Voor het simuleren van de regen in dit model is gerekend met de gevallen regen in mm voor perioden van 3 uur. Alleen data voor de vier extreme regenval pieken zijn gegeven in kleinere tijdstappen. Voor een nauwkeurige benadering van de daadwerkelijke regenval heeft dedata een te grove tijdsstap. De geïmporteerde data in SOBEK is te zien in Bijlage B12.

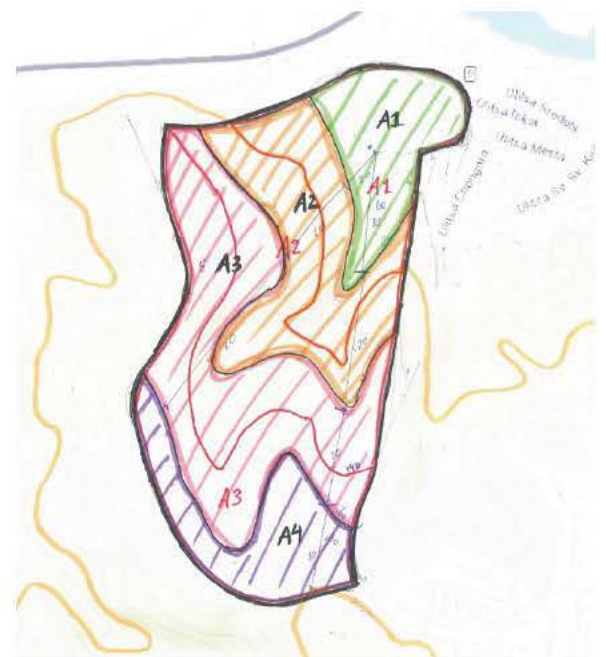




Figuur 8: Data Weerstation DAVIS

De Sacramento node werkt met het eenheidsafvoergolf ('Unit Hydrograph', UH) concept. De UH zorgt voor de transformatie van de afvoer van de ondoordringbare oppervlakten ('direct runoff'), de oppervlakteafvoer ('surface runoff') en de 'interflow' naar een aangepaste tijdsverdeling van deze debieten [16]. De eenheidsafvoergolf bestaat uit een reeks dimensie loze coëfficiënten die worden gevonden uit de relatie tussen de gevallen neerslag en de gemeten afvoercurve [17]. In het geval van de overstroming in Asparuhovo is er geen afvoerdata beschikbaar. Er moet een alternatief worden gevonden om binnen een 'ungauged basin' (ongemeten basin) toch een afvoercurve te bepalen.

Er is gekozen voor het looptijdsbeginsel om een voorspelling te doen over de verschijning van de eenheidsafvoergolf [18]. Het gebied wordt opgedeeld in deelgebieden met gelijke tijdsintervallen van afstroming. De lijnen met looptijden tot de toegang van de geul (op 55m hoogte ten opzichte van zeewaterpeil) heten isochronen en worden gebaseerd op de hoogtelijnen van het gebied. In figuur 9 is het gebied in 4 delen opgedeeld waarbij de isochronen op een afstand van 200m in hoogte van elkaar afliggen. De 'time-area' methode zoals beschreven in het handboek *Urban Drainage* van Butler en Davies methode bepaalt de afvoeren op grond van de looptijden van het water vanuit verschillende plaatsen in een stroomgebied [18]. Binnen het Sacramento knooppunt in SOBEK wordt gebruikt gemaakt van de Clark methode [17]; een gecombineerd 'time-area' en 'storage routing' aanpak. Uitleg over deze methode is opgenomen in Bijlage B13.



Figuur 9: Afstroomgebieden

De concentratietijd is de maximale looptijd in het gebied. Deze waarde kan worden bepaald aan de hand van fysieke karakteristieken van het gebied zoals de lengte en gemiddelde helling. Er is gebruikt gemaakt van de 'Watershed lag method', uit het Amerikaans *National Engineering handbook* om de concentratietijd voor het gebied te berekenen [19],[20]. De gebruikte formule is hieronder weergegeven. Een uitleg van de berekening is opgenomen in Bijlage B14. De gevonden concentratietijd is 10.29 uur. Met deze tijd kunnen de gebieden tussen de isochronen worden geschaald.

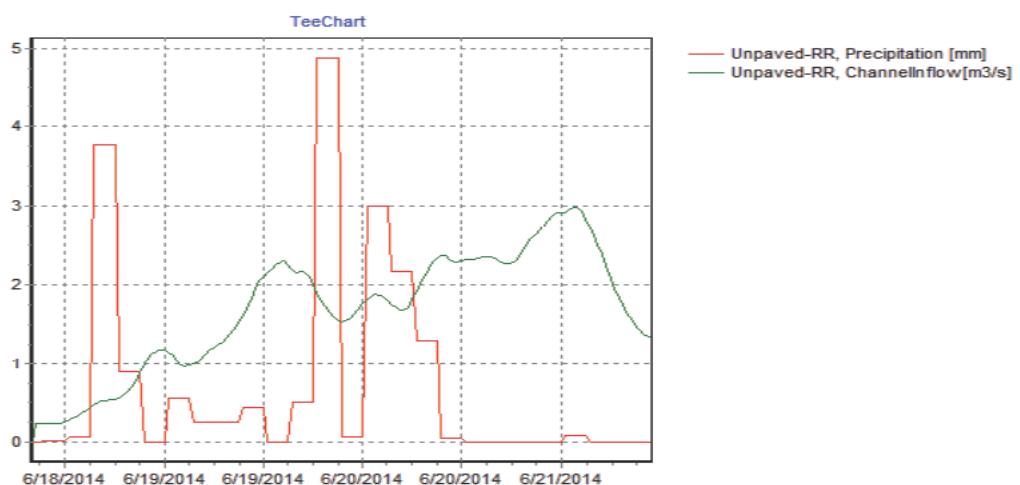
$$T_c = \frac{l^{0.8}(S + 1)^{0.7}}{1140Y^{0.5}}$$

De regenval data is gegeven in perioden van 3 uur. Omdat de maximale looptijd berekend in bovenstaande formule 10,29 uur bedraagt zal er worden gekeken naar een boven en ondergrens om de concentratietijd te benaderen. Eerst wordt een scenario bekeken waarbij het gebied, opgedeeld in drie oppervlakten, een maximale looptijd van 9u heeft. Ook wordt er onderzocht of de opdeling van het gebied in 4 segmenten, met een maximale looptijd van 12u een ander resultaat geeft. Deze waarden zijn gekozen om de berekening te faciliteren zodat de regenval data en de gegenereerde afvoerdata dezelfde tijdsstap hebben. De verschillende berekende oppervlakten van de twee scenario's zijn opgenomen in Bijlage B15. De afvoer-tijdsdiagrammen van de verschillende looptijden zijn weergegeven in Bijlage B16. Uit onderzoek blijkt dat de afvoer-tijdsrelatie niet veel verschilt met de verschillende maximale looptijden. Er is daarom besloten om te rekenen met de afvoerdata verkregen met een looptijd van 9 uur.

### 3.3. Resultaten Simulatie

De simulatie van de bestaande situatie in de linker geul van de wijk Asparuhovo bevestigt de conclusies van de overstromingsanalyse. Het debiet bereikt een maximale waarde van ongeveer 3 m<sup>3</sup>/s. In onderstaande figuur (10) is de totale afvoer die de geul bereikt gepresenteerd over een tijdsperiode van 3 dagen. Ook is de regenval data opgenomen in deze grafiek.

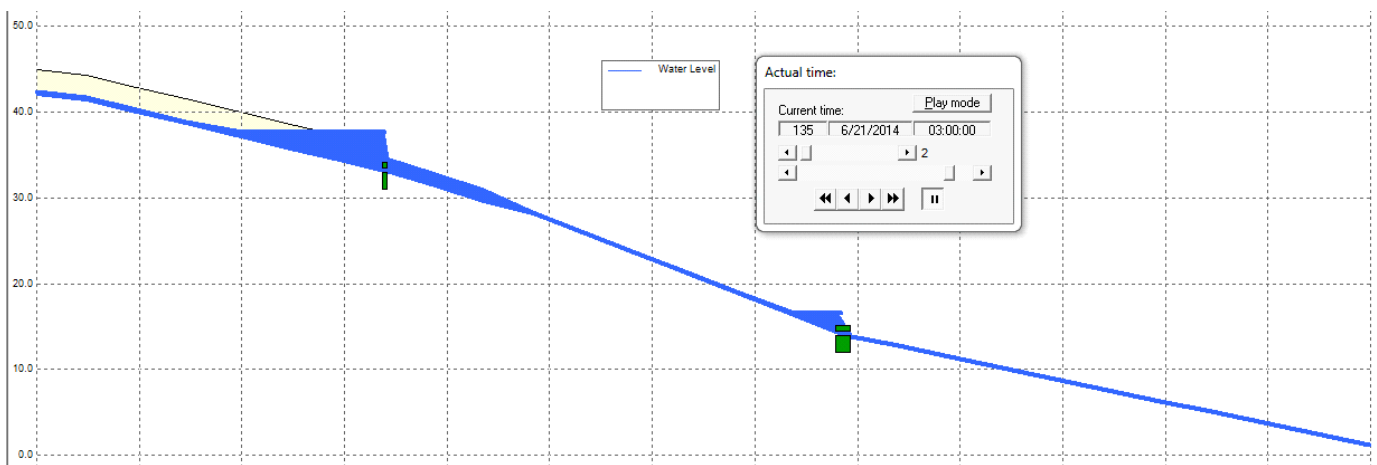
Figuur 10:  
Debiet &  
regenval



De regenval komt niet gelijk tot afvoer maar wordt vertraagd door de processen die binnen het Sacramento concept worden doorlopen. De beschikbare regenval data begint vanaf de ochtend van 18 juni terwijl er in de dagen voor de overstroming ook regen is

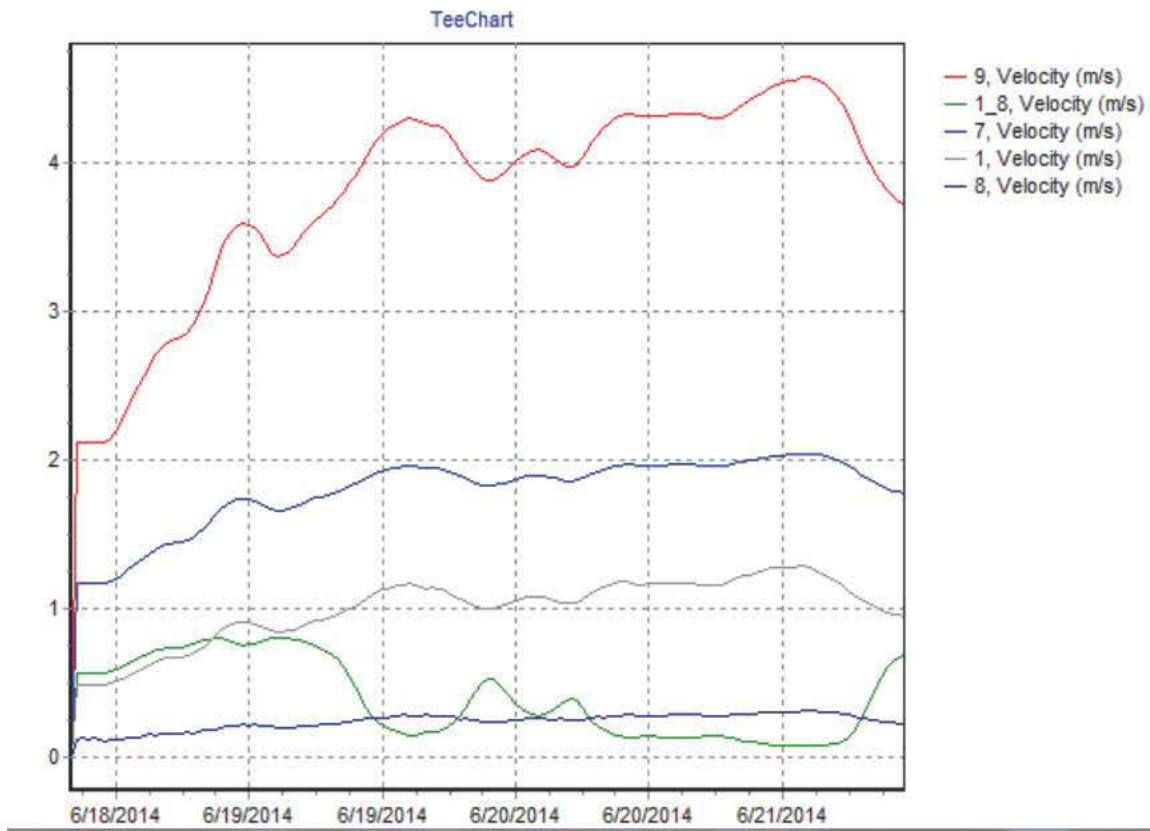
geregistreerd in het gebied [5]. De grondlaag was op de betreffende dag dus al erg verzadigd. De afvoerpiek wordt later geobserveerd in resultaten van dit model dan waargenomen op locatie. Het model is een benadering van de werkelijkheid. Waarschijnlijk reageert het gebied om bovengenoemde redenen in de realiteit sneller dan geprogrammeerd.

In de resultaten van de simulatie van het model analyseren we twee conflictpunten bij beide kruisingen (duikers) in het stromingsverloop. In het zijaanzicht van het kanaal is de waterstand gemodelleerd. Voor de kruising met de kapperszaak treedt een enorme opstuwung van het water op. De maximale waterstandssituatie is weergegeven in figuur 11 waarbij het water boven de kapperszaak 3,75 m is verhoogd. Ook bij de kruising met de grote weg vindt een ophoging van het water plaats met een maximum van 2,8 m. Een gedetailleerde waterstandsgrafiek van beide locaties is opgenomen in Bijlage B17.



Figuur 11: Maximale waterstand

De stromingssnelheden van het water verschillen tijdens de route. In figuur 12 zijn de snelheden van de verschillende segmenten van de geul weergegeven. De locatie waar de hoogste snelheden van het water optreden, ongeveer 4,7 m/s, is ter plekke van de straat Gordena Studena (de rode grafiek), waar het water van de gegraven greppel de wijk in stroomt via deze straat. Na de tweede kruising ter plaatse van de grote weg (de donkerblauwe grafiek), nemen de stroomsnelheden weer af aangezien het water weg kan stromen over een groot, vlak gebied.



Figuur 12: Stroomsnelheden

## 4. Ontwerp

In de oriëntatiefase is een start gemaakt met het ontwerp. Aan de hand van informatie uit de analyse zijn er een aantal ontwerpconcepten op systeemniveau ontwikkeld voor het drainagesysteem in de wijk Asparuhovo. Deze oplossingsconcepten zijn op een systematische wijze vergeleken aan de hand van de gekozen criteria en aan de opdrachtgever gepresenteerd. De opdrachtgever heeft gekozen voor het 'Transport' concept. Met nieuw vergaarde inzichten tijdens het ontwerpproces volgt hier eerst een verbeterd concept op systeemniveau. Er is meer groen aan het concept toegevoegd en is er meer bewegingsvrijheid voor de keuze van de bekleding van het kanaal. Vervolgens is de ontwerpopgave ingeperkt tot een uitwerking van een deel van het systeem. Er worden vier ontwikkelde varianten voor het afwateringsontwerp van de westelijke geul presenteert. Deze varianten zijn gemodelleerd en gesimuleerd in de modeleringsprogramma van SOBEK en de resultaten worden besproken.

### 4.1 Totaal concept

De ontsluiting van de wijk staat voorop in dit concept. Bij hevige regenval moet het water worden afgevoerd zodat het verkeer er geen last van heeft. De betonnen geulen onder de straten en kruisingen worden behouden en verbreed om te zorgen dat er bovengronds ruimte vrij is voor het verkeer. Bij deze variant heeft het afvoerkanaal in de oostelijke geul een dubbele functie. Grote delen van het jaar staat het kanaal droog of stoomt er een minimale afvoer door de goot. In die perioden kan het kanaal fungeren als fietspad. Bij hevige regenval stroomt het gedeelte waar het fietspad is aangelegd ook vol, en doet de totale oppervlakte van het kanaal dienst als afvoersysteem (zie illustraties Bijlage B18).

De wijk Asparuhovo is dichtbebouwd met woningen en straten. Er zijn weinig 'groene delen' of 'doordringbare oppervlakten' ontworpen. Het regenwater heeft niet genoeg plekken om te infiltreren in het grondwater. Door de ondoordringbare oppervlakten van de stedelijke omgeving, loopt het grootste deel van het water af via de straten en parkeerplaatsen. Wanneer het hevig regent, krijgen deze goten een erg grote hoeveelheid water te verwerken. De goot treed snel uit haar oevers en overspoeld omliggende delen zoals gebeurde tijdens de overstromingen in juni. In dit oplossingsconcept worden de doordringbare grondoppervlak in de wijk vergroot. Op de overzichtskaart (figuur 13) is aangegeven waar de bestaande groene delen zich in de wijk bevinden. Deze delen liggen nu nog geïsoleerd van elkaar. Er zal aandacht worden besteed aan de connectie van de groene zones. De leefbaarheid van de wijk zal daardoor worden verbeterd.

Het kanaal wordt dieper uitgegraven, en er worden overs geconstrueerd zodat de huizen langs de gipsy wijk worden beschermt. Het kanaal wordt waar mogelijk 'vergroend' en de oevers beplant zonder de doorstroming te belemmeren. Er zal in een vervolgstudie verder worden gezocht naar geschikte locaties in de wijk voor de aanleg van een (water)parken. Voor illustraties wordt verwezen naar Bijlage B18. Een aantal locaties zijn gemarkeerd. Er wordt ook gekeken naar mogelijkheden voor de opslag van water hogerop de hellingen, waar een natuurlijk reservoir kan worden aangelegd.



Figuur 13: Overzichtskaart: Concept op Systemniveau

## 4.2 Dimensionering Varianten

De varianten voor de westelijke geul worden ontworpen aan de hand van de bui die afgelopen zomer is gevallen. Deze bui is een voorbeeld van een complexe bui met een behoorlijke regenval en is maatgevend in deze ontwerpfase. Een kanttekening moet worden gemaakt voor de ontwikkelde maatregelen aangezien elke bui verschilt. In een vervolgstudie moeten verschillende scenario's van regenval worden gesimuleerd.

Met een gegeven afvoer kan een hydraulisch ontwerp worden bepaald aan de hand van drie onbekende parameters, de bodem breedte  $b$ , de water diepte  $y$ , en de helling van de bodem. De drie vergelijkingen die moeten worden opgelost zijn opgenomen in de morfologische ontwerpmethodologie voor de constructie van stabiele kanalen. De methode maakt gebruik van hydraulische theorieën zoals de uniforme stromingsformule. Deze methode is opgesteld in het dictaat *Design of Open Channels and hydraulic structures* van TUDelft professor Ankum[21]. Dit dictaat fungeert als een handleiding voor de hierop volgende ontwerpvoorschriften. De ontwikkelde doorsnede van het kanaal betreft het traject vanaf de oude kapperszaak locatie tot aan de kust op zeeniveau (lengte ca. 1000m).

- De waakhogte van de oevers bedraagt 0.10 m

De waakhogte is een extra veiligheidsmaatregel. De werkelijke waterhoogten kunnen namelijk hoger zijn dan voorspeld met behulp van het SOBEK model. Ook kunnen de oeverhoogten door onregelmatigheden in de constructie of door zettingen van de grond lager worden.

- Taludhelling  $1_{\text{vert}}:m_{\text{Hor}}$ , waarbij  $m = 1,5$

De hellingen van de taluds worden vaak gekozen als functie van de hoeveelheid afvoer. Ook is het type grond een belangrijke input om een stabiele oever te bouwen. In het dictaat is het volgende voorschrift opgenomen. Voor  $0,5 < Q < 4 \text{ m}^3/\text{s}$ ; geldt  $m=1,5$ .

- Bodembreedte- waterdiepte relatie,  $n = 2.24$

Voor de breedte-diepte relatie  $n = b/y$ , waarbij  $b$  de bodembreedte voorstel en  $y$  de waterstand in het kanaal, is gebruik gemaakt van de USBR- formule;  $n = 1.65Q^{0.28}$ . Met de ontwerpafvoer  $3 \text{ m}^3/\text{s}$  wordt een verhouding van 2.24 gevonden.

- De ontwerpafvoer is  $3 \text{ m}^3/\text{s}$ . De dominante afvoer bedraagt  $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$

Er bestaan twee verschillende maatgevende afvoeren voor een ontwerp van een kanaal. De bedvormende afvoer of dominante afvoer ('dominant discharge') en de ontwerp afvoer ('design discharge'). De ontwerp afvoer geeft aan hoeveel capaciteit het kanaal maximaal moet hebben. Voor het kanaal in de wijk is dit  $3 \text{ m}^3/\text{s}$ . De bedvormende afvoer is een fractie van de maatgevende ontwerpafvoer en beslaat een hypothetische stabiele afvoer. In het geval van Asparuhovo wordt de bedvormende afvoer gesteld op de helft van de ontwerp afvoer;  $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$ . Het concept bedvormende afvoer betekent dat uitschuring op mag treden met hogere afvoeren en sedimentatie optreedt in het kanaal bij lagere afvoeren dan  $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$ . Deze processen worden in dit rapport achterwege gelaten.

- De bodemhelling bedraagt 3.3 %

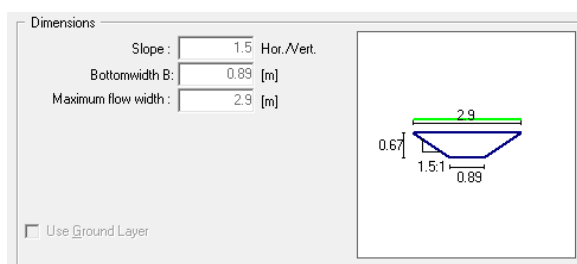
Een hoogtestudie van het 1.3km stromingstraject geeft aan dat de natuurlijke omgeving een hellingsgraads tussen 1,1% en 4% heeft. Vanaf de kapperszaak op een hoogte van 33m ten opzicht van het zeewaterpeil wordt nog een traject van 1000m afgelegd. De gemiddelde helling in theorie bedraagt 3,3% en met deze waarde wordt verder gerekend.

- 2 verschillende ruwheid coëfficiënten

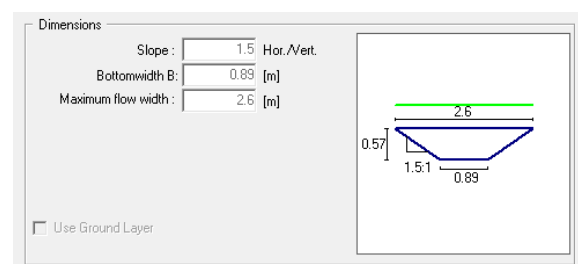
Er wordt gerekend met 2 verschillende Strickler coëfficiënten om de ruwheid van het profiel te kenmerken.  $35 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  voor grasbekleding,  $75 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  voor betonprofiel.

#### 4.2.1 Doorsnede kanaal

Het ontwerp voor de kanaal doorsnede betreft het traject vanaf de oude kapperszaak locatie tot aan de kust op zeeniveau. Wanneer met de formule van uniforme stroming wordt doorgerkend, met als input waarden de Strickler coëfficiënt 35, de oppervlakte van de doorsnede en de hydraulische straal, wordt duidelijk welke ruimte het kanaal zal beslaan. Met een aangenomen verhoudingen voor de zijhellingen, zal het kanaal een totale breedte van 2.6 m krijgen. De bodembreedte bedraagt 0.89m. De stijghoogte van het water is 0.4 m tijdens de dominante afvoer en 0.57m tijdens de ontwerpafvoer. Dan bedraagt de oppervlakte van het stroomprofiel ongeveer  $1\text{m}^2$ . Hierboven moet een waakhoogte van 0.10m worden geconstrueerd. De totale stromingsbreedte van het kanaal komt uit op 2.9m, inclusief waakhoogte.



Figuur 14: Profiel (gras)

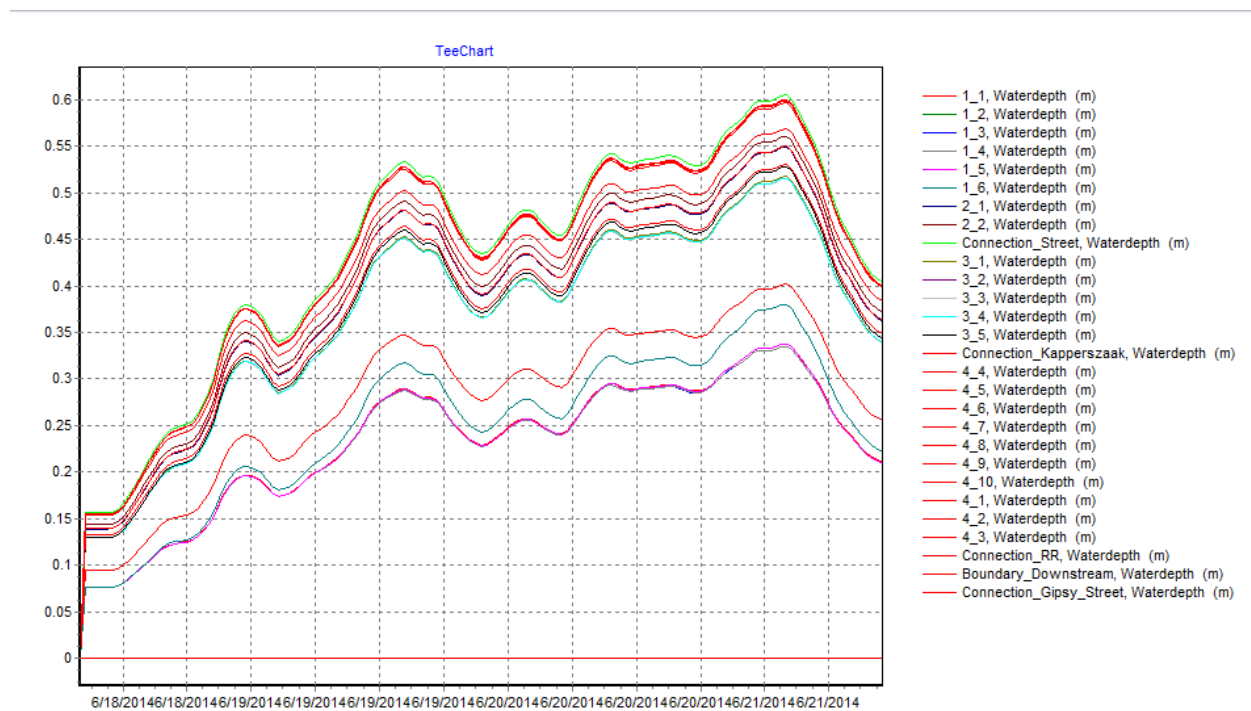


Figuur 15: Profiel (beton)

In afbeeldingen 14 en 15 zijn de doorsnede van het profiel weergegeven. Hiernaast moet op verschillende plekken langs het traject nog ruimte ter beschikking worden gesteld voor de aanleg van geotechnisch stabiele taluds. In de betonnen variant, waarbij de Strickler coëfficiënt  $75 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  is, komt de waterdiepte niet hoger dan 0.47. De breedte van het kanaal, uitgevoerd in beton, komt uit op 2.3m. Met een waakhoogte van 10 cm, zal een breedte van 2.6m worden aangehouden. In Bijlage B19 zijn de gebruikte waarden en formules opgenomen. Daarnaast zijn de twee duikers ter plaatste van de twee wegovertgangen opnieuw ontworpen. Er is gekozen voor een bredere oplossingsvariant omdat het stromingsprofiel niet teveel mag veranderen. Bij de bovenstroomse duiker is een breedte van 1.5m aangehouden. De benedenstroomse duiker heeft een breedte van 2m. Beide duikers hebben een hoogte van 1m.

#### 4.3 Variant 1: Natuurlijk

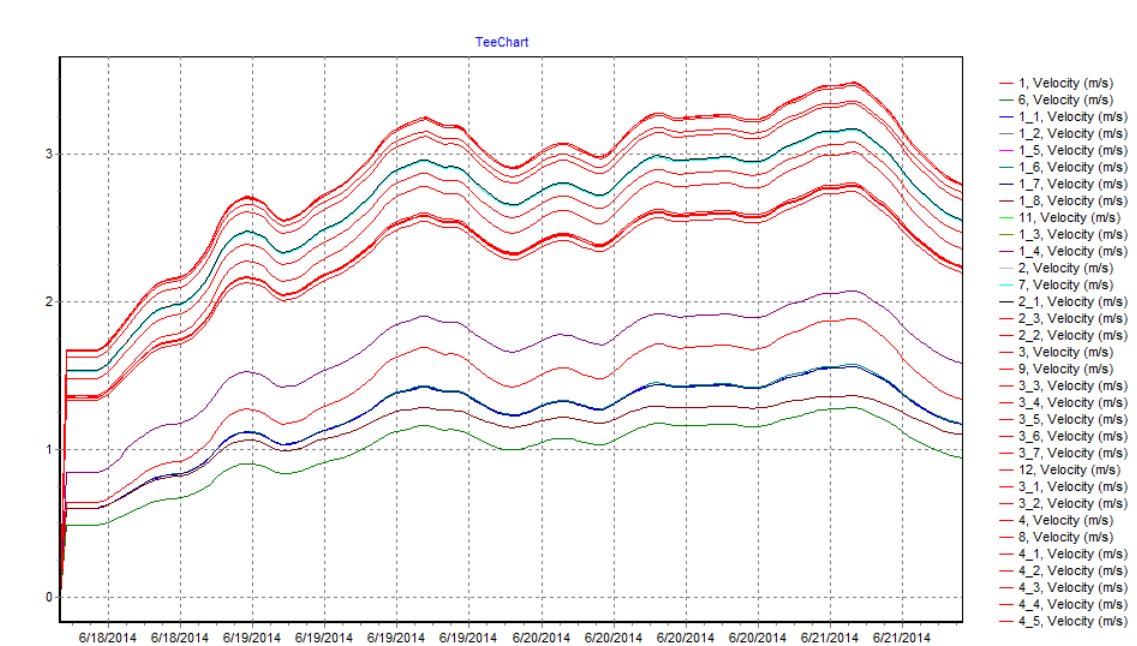
Deze variant is een uitgangsontwerp. Bovenstaande berekende maten voor het kanaal met grasbekleding zijn gebruikt in de uitwerking. De constructie van natuurlijke variant resulteert in een adequate afvoer van de maatgevende regenbui in de zomer. In figuur 16 is de maximale stijging van het waterniveau weergegeven in het nieuw ontworpen kanaal tijdens de bui. De grafiek geeft de waterdiepte in het kanaal aan op verschillende punten langs het traject. Er bestaat nog steeds een opstuwung van het water voor beide duikers maar dit zorgt niet voor een gevaarlijk hoogteverschil of overstromingen. Wel moet in de aanloop naar de benedenstroomse duiker het kanaal lokaal geleidelijk met 15 cm worden verdiept. De bovenstroomse waterdiepte bereikt daar een waarde van ongeveer 0.8m, terwijl het kanaal maar een hoogte van 0.67m heeft. Het verschil in waterhoogte bovenstrooms en benedenstrooms van de duiker is in detail te zien in de Bijlage B20.



Figuur 16: Waterdiepten



Bij dit ontwerp moeten een aantal kanttekeningen worden geplaatst. Vraag is of de grasbekleding bestendig is tegen de krachten die op het kanaalprofiel werken. De hoogst gemeten snelheden in het stromingsverloop is 3.5 m/s. De snelheden houden over een langere tijd aan. Een overzicht van de optredende snelheden in het kanaal is weergegeven met figuur 17. Dit betekent dat er een kans is op beschadiging van het ontworpen kanaal. De stroming wordt erg versneld bij het passeren van de bovenstroomse duiker. De afvoersnelheid schiet ter plaatste omhoog tot 4.5 m/s.

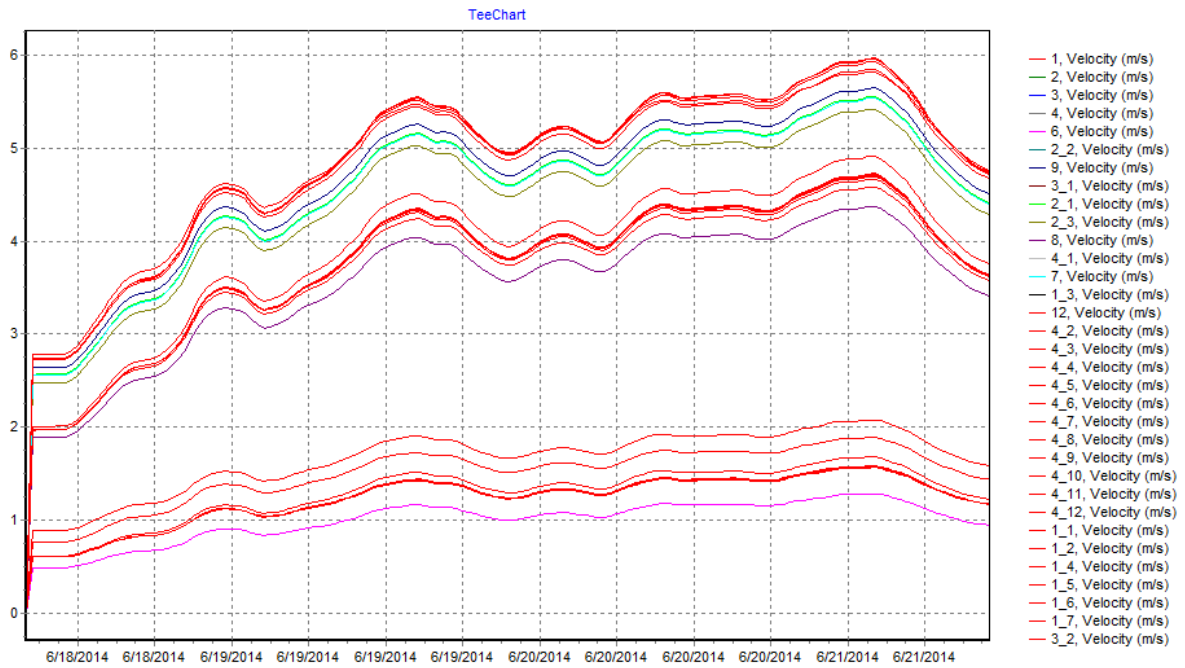


Figuur 17: Stroomsnelheden

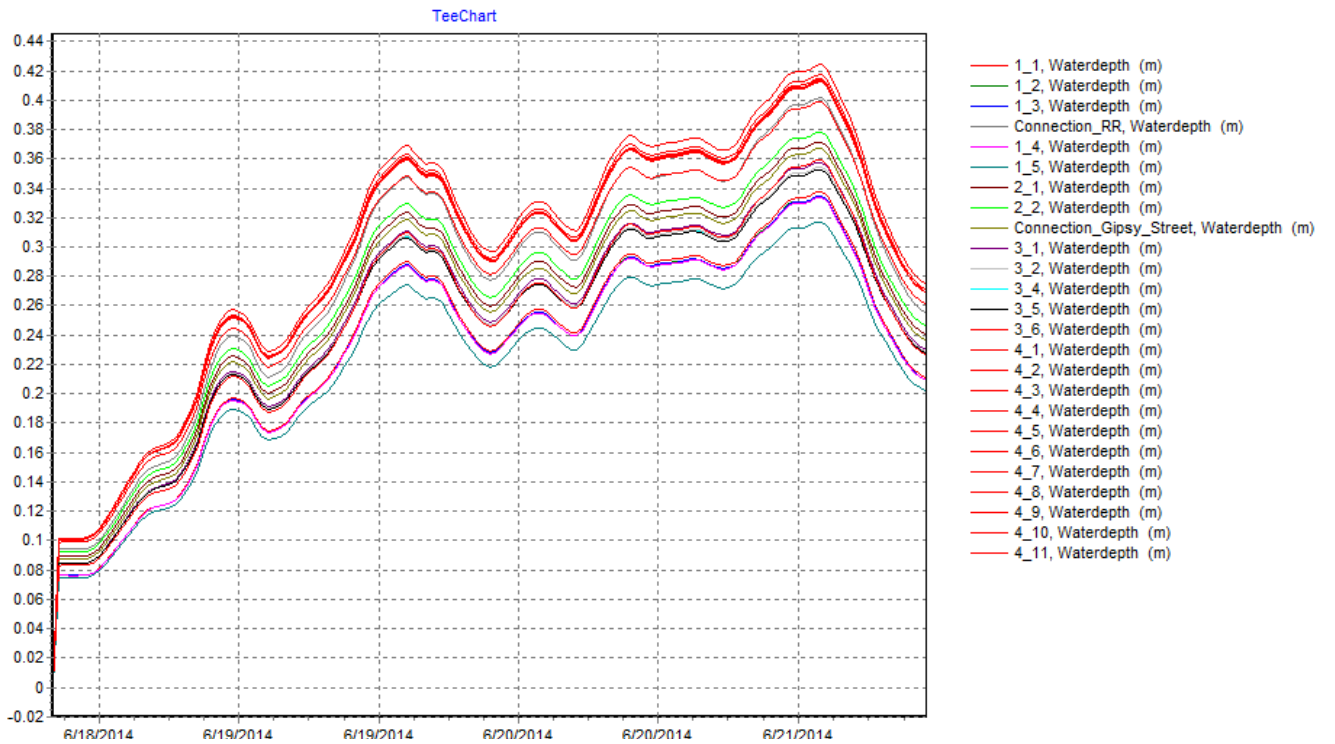
Een grasbekleding moet goed worden onderhouden. De begroeiing moet kort blijven zodat de doorstroming van de afvoer is gegarandeerd. Er moet dus geregeld worden gemaaid in de verschillende seizoenen. Een onderhoudsplan en contract opgesteld in samenwerking met de gemeente of wijkmanagement moet de afvoerwerking van het kanaal garanderen. De natuurlijke uitvoering zal de wijk aantrekkelijker maken en het groen zal een esthetische waarde kunnen geven aan de bebouwde omgeving. De grasbekleding en groene inrichting zal minder aanleiding geven om de ruimte te gebruiken voor andere toepassingen, zoals het parkeren van auto's.

#### 4.4 Variant 2 : Beton

Deze variant lijkt in veel opzichten op variant 1. De belangrijkste verandering is het type bekleding van het kanaal en de dimensies van het kanaal. Vanaf de voormalige kapperszaak zal het kanaal worden uitgevoerd in beton. De afvoerroute van het meest benedenstroomse segment volgt de richting van de grote weg (zie Bijlage B21). Voor deze langere route is gekozen om de betonnen geul in te passen naast de bestaande infrastructuur. Parallel langs de weg is er bovendien ruimte voor aanleg van de geul, zodat er geen inpassing in de wijk beneden de weg hoeft te worden gezocht. De af te leggen route is nu 60m langer. De grotere ruwheidswaarde van Strickler zorgt voor een snellere routing. De optredende snelheden zijn nu bijna verdubbeld, zoals te zien in figuur 18. De waterdiepten zijn afgenomen (zie figuur 19)



Figuur 18: Stroomsnelheden



Figuur 19: Waterdiepten

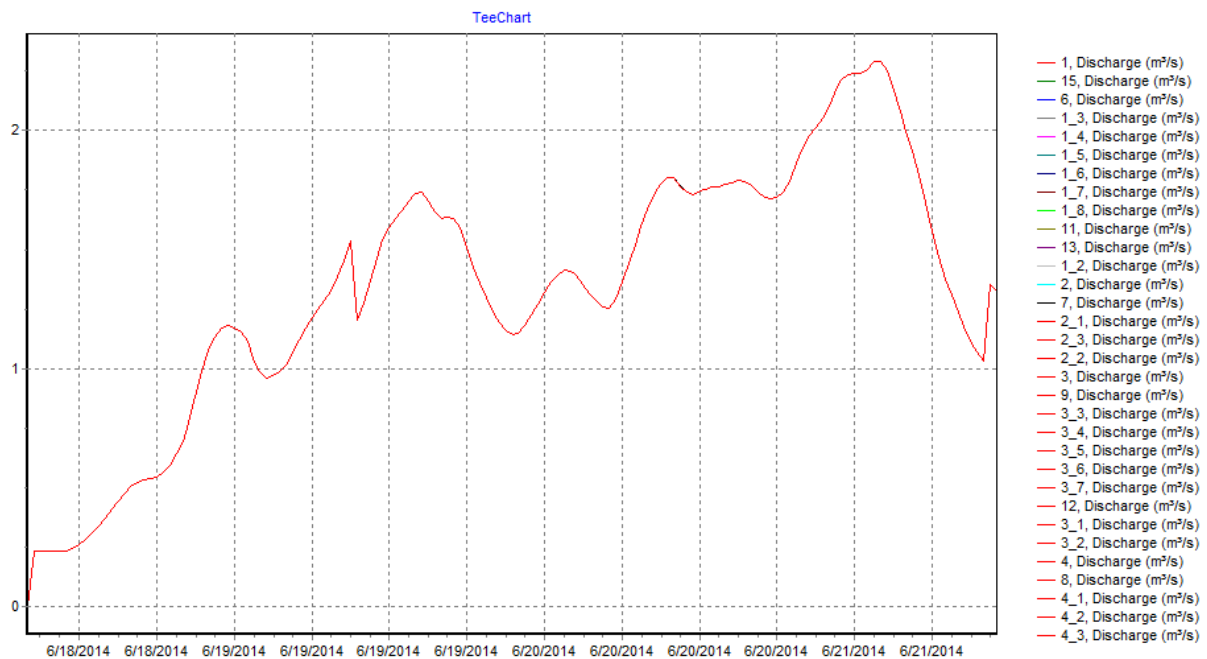
Weer geldt de vraag of deze stoomsnelheden niet te groot zijn. In principe wordt het water met behulp van deze variant afgevoerd richting zee binnen het gedimensioneerde kanaal en zou de watersnelheid in theorie alleen binnen de geul schade kunnen aanrichten. Als water een langere tijd met een hoge stoomsnelheid door de geul dendert, kan er beton wegslaan. Voorspeld wordt dat dit onder repareerbare schade valt. Daarnaast moet er ergens een risico worden genomen voor een bui die eens in de zoveel jaar voor kan komen. Voordeel is wel dat het water sneller de wijk uit stroomt.

Een betonnen variant is duurzaam aangezien het materiaal sterk is en een lange levensduur heeft. Er moet wel eens in de zoveel tijd onderhoud gepleegd worden. Het beton kan barsten om verschillende redenen, bijvoorbeeld door zettingen in de ondergrond of onder druk van groeiende vegetatie. Zonder onderhoud kan in de scheuren van het beton vegetatie gaan woekeren die verdere doorstroming in het kanaal verhindert. Daarnaast is de variant niet meest esthetische optie. Wanneer er geen water door het kanaal stroomt, blijft de betonnen geul droog en nodigt uit voor andere soorten gebruik. Er bestaat de kans dat bewoners de geul voor andere toepassingen gaan gebruiken, zoals een vuilstort of een parkeerplaats voor auto's.

#### **4.5 Variant 3 : Berging**

Bij deze variant worden de waterproblemen aangepakt met de constructie van een berging hoger op de helling. Deze berging zal vol stromen zodra de stroming in het kanaal een kritische waterstand krijgt. Een model is opgesteld in SOBEK waarbij een 'meetpunt' waarden over de stromingstoestand registreert ter sturing van de overlaat ('weir'), geplaatst voor de berging. Deze overlaat is 1m hoog en zodra de waterstand in het kanaal hoger wordt dan een vooraf gespecificeerde waterstand, zal deze overlaat omlaag klappen. In het model gebeurt dit zodra de waterdiepte in het kanaal hoger dan 25cm wordt. Een 'spanbreedte' van 5cm is opgenomen. Het reservoir begint vol te lopen zodra de waterdiepte 0.25m heeft bereikt ter hoogte van het meetstation. De berging begint vol te stromen tot een maximaal benodigd volume van 92,000 m<sup>3</sup>. Als het water 2 m hoog staat in de berging is een oppervlakte van 46000 m<sup>2</sup> nodig; dit is een gebied van ongeveer 215m bij 215m. Er moet worden gezocht naar een locatie waar de plaatselijke topografie de aanleg van een berging kan faciliteren. Er kan ook worden gedacht aan de aanleg van verschillende kleinere reservoirs in het gebied in plaats van 1 groot oppervlak.

De afvoer naar de berging bereikt een maximum van 0.7 m<sup>3</sup>/s zoals te zien in de Bijlage B22. Door het volstromen van het reservoir wordt de afvoer in het hoofdkanaal lager, zie figuur 20. De maximale afvoer is met 2.3 m<sup>3</sup>/s minder dan de uitgangssituatie. Met deze variant kan een veiligheidsmaatregel worden ingezet met groot effect op de stroming in het hoofdkanaal. De werking van dit model kan op drie manier worden voorgesteld.



Figuur 20: Afvoer

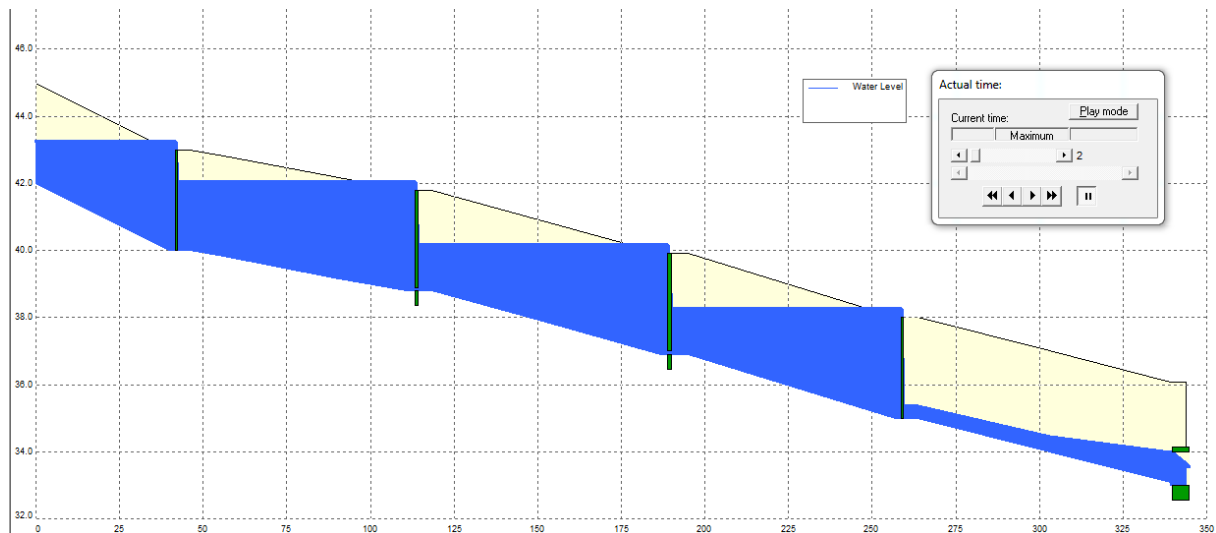
De eerste uitwerking betreft een simpele en robuuste, maar eenmalige methode. De overlaat is een schuin geplaatst betonnen muurtje waarachter een zandlichaam is aangelegd. Zodra de waterstand onder de hoogte van deze overlaat blijft, zal het water door het hoofdkanaal stromen en er verder geen water in de berging stromen. Wanneer de waterstand stijgt en het water over de overlaat begint te stromen, zal het zand erachter weg eroderen. Het betonnen wandje klapt weg, en het water kan via de volledige doorsnede de berging instromen. De berging stroomt vol en het debiet in het hoofdkanaal wordt verlaagt.

Bij de tweede uitwerking van deze variant wordt gebruikt gemaakt van mobiele regeltechniek. Dit is een 'low-cost'-oplossing met een oog op de toekomst waarbij voorspellingen en metingen in een database zijn gekoppeld. Ter plaatse van het nieuwe kanaal zijn waterstandsmeters geplaatst. Uit modelering is bepaald tot welke hoogte de waterstand mag stijgen voordat er maatregelen moeten worden genomen. Wanneer een hevige regenbui wordt voorspeld kunnen bewoners met een smartphone een foto maken van de waterstandsmeter en deze data insturen. Met een beslissing vanuit de gemeente of wijkniveau wordt bij kritieke waarden van de waterstand besloten de overlaat voor de berging handmatig naar beneden te schuiven. Op dit moment kan de berging volstromen en is het gevaar gekeerd.

Het systeem kan op een derde manier worden uitgewerkt, met behulp van een meetstation. Het meetstation stuurt een signaal naar de overlaat zodra er een kritieke waarde van de waterstand is bereikt. De overlaat voor de berging klapt dan automatisch weg. Het voordeel van deze oplossing is dat er veel data beschikbaar wordt waardoor de modelering kan worden verbeterd om adequaat op verschillende typen buien te reageren. De constructie van deze oplossing is duur en gevoelig van aard en de apparatuur vergt regelmatig onderhoud en controles.

## 4.6 Variant 4 : Serie Overlaten

In deze variant is er gebruik gemaakt van de ruimte die de natuurlijke geul bovenstrooms biedt. Boven de kapperszaak is de geul 20m breed en 8m diep. Deze ruimte kan worden gebruikt als berging in plaats van de aanleg van een bergingsgebied hogerop de helling. Met de aanleg van 4 opeenvolgende overlaten van 3m hoog en 15 m breed zal de stroming worden vertraagd. De overlaten volgen elkaar op in een serie met een tussenafstand van ongeveer 40m. De overlaten worden uitgevoerd in gewapend beton met een dikte van 50cm. Het water wordt opgestuwd achter deze overlaten en de ruimte biedt op deze manier vier bergingen. In elke overlaat is een 2m lange pijpleiding ontworpen op bodemniveau met een diameter van 100mm. Het water zal pas over de overlaat stromen zodra de waterstandsverhoging voor de overlaat meer dan 2m bedraagt. In de tussentijd stroomt het water alleen via de pijpleiding door het kanaal. De pijpleiding zorgt ervoor dat er na de bui geen water blijft staan. Alle regenval wordt afgevoerd via het kanaal richting de zee. De maximale ophoging van het waterniveau bij de overlaten is weergegeven in figuur 21. Benedenstroom van de eerste duiker zijn de inpassing, dimensies en bekleding hetzelfde als variant 1.



Figuur 21: Maximale waterhoogte

Het geplaatste cascade systeem laat minder gevoelige resultaten zien. Het stromingsverloop is nagenoeg onveranderd. Wel is er te zien dat de afvoer wordt vertraagd met 7,5 uur. Na deze periode is de afvoer onveranderd en is er een scherpe afvoerpiek te observeren. De afvoer-tijdsrelatie is opgenomen in de Bijlage B23. Er is gevarieerd met de kruinhoogte van de overlaten, waarbij een positief verband is opgemerkt tussen de hoogte en de vertragsperiode van de afvoer. Voorspeld wordt dat bij de plaatsing van meer overlaten, hogerop de helling en met een nog grotere kruinhoogte, er meer verschil is op te merken in de stromingsparameters benedenstrooms van het cascadesysteem.

Het voordeel van een dergelijk systeem is dat het een belangrijk zichtbaar waarschuwingselement heeft. Zodra het water opstuwst achter de overlaten, kunnen de bewoners van de wijk het signaal vertalen naar de komst van een hoeveelheid water in de wijk. Binnen overstromingsmanagement is een zo vroeg mogelijk alarmeringssignaal

belangrijk. Het systeem is dusdanig gedimensioneerd dat de hoeveelheden water tijdens de maatgevende bui goed kunnen worden afgevoerd. Stel nu dat zich een bui groter dan de ontwerpregenval voordat, dan kan het systeem de buurt daarvoor waarschuwen.

#### 4.7 Kosten

Een kostenbenadering moet worden gemaakt voor de constructie van het project en de bijkomende kosten zoals toezicht op de uitvoering. De kostenbenadering van de ingenieur wordt gebaseerd op eenheidsprijzen. Deze prijzen moeten worden verzameld van verschillende projecten in gelijke regio's. Voor dit project is een schatting gemaakt van de lokale eenheidsprijzen voor het uitvoeren van verschillende activiteiten, gebaseerd op een voorbeeld van bestek documenten opgenomen in het dictaat van ir. Ankum [21].

Een aantal hoeveelheden moet worden berekend. Bij de schatting voor de benodigde hoeveelheid beton voor de constructie wordt een betondikte van 15cm aangenomen. Deze dikte geldt voor de kanaalpannen en de duikerkist. Bij de duikers wordt er gewapend beton toegepast. Duiker 1 heeft een volume van 3.75 m<sup>3</sup> en duiker 2 een volume van 18 m<sup>3</sup> beton nodig. Bij variant 2 is het kanaal uitgevoerd in beton met een dikte van 15cm. In de doorsnede is de lengte van het profiel (de bodem en zijhellingen) 2.95 m. Als het kanaal over een lengte van 1360m loopt, is er een volume van 600 m<sup>3</sup> beton nodig. De overige betonnen kunstwerken welke zijn opgenomen in de verschillende ontwerpen van de varianten zijn ook meegenomen in de kostenraming

De hoeveelheid te verplaatsen grond is de lengte van het traject vermenigvuldigd met de natte doorsnede (1.27 m<sup>2</sup>). Een totaal van 1650 m<sup>3</sup> grond moet worden verplaatst en een oppervlakte van 4300 m<sup>2</sup> worden bewerkt. In verschillende varianten moet er meer grond worden verplaatst en de oppervlakte worden bewerkt zoals bij de aanleg van de berging bovenstrooms. In tabel 1 is een schatting van de constructiekosten opgenomen voor elke variant. In Bijlage B24 is voor elke variant een gedetailleerde beschrijving van het werk en kostenbenadering opgenomen.

	<b>Totaal bedrag</b>
<i>Variant 1 :Natuurlijk</i>	\$30.413,75
<i>Variant 2 :Beton</i>	\$93.413,75
<i>Variant 3 :Berging</i>	\$120.623,75
<i>Variant 4: Serie Overlaten</i>	\$52.318,75

Tabel 1: Totaal overzicht kosten

De aanleg van de bergingsvariant is duidelijk de meest prijzige optie. De constructie van een berging hogerop de helling zal duur zijn aangezien er met machinekracht veel grond moet worden verplaatst bovenop de bosrijke heuvel. Er moet zoveel mogelijk worden gezocht naar een geschikte locatie waarbij de natuurlijke topografie de berging bepaald. Wellicht is het totaal bedrag daarom overschat voor deze variant. De betonnen variant is iets minder duur. De kosten van het materiaal en het vervaardigen van het beton bepalen hier de totaalprijs. Bij vierde variant worden de serie overlaten vervaardigd in gewapend beton. De goedkoopste variant is een basale uitvoering van de geul; een natuurlijke optie.

## 5. Evaluatie

### 5.1 Criteria

Met de conclusies uit de analyse kan een aantal criteria worden opgesteld waarmee de verschillende varianten worden geëvalueerd. Hieronder volgt een opsomming en korte toelichting van de criteria.

#### 1. Veiligheid

Het ontwerp moet garant staan voor de veiligheid zodat overstromingen niet meer voordoen. De capaciteit van de kanalen moet voldoende zijn om de hoeveelheid regenwater van het afstroomgebied goed te verwerken, ook in de toekomst. Daarnaast moet er rekening worden gehouden met de fysieke en sociale veiligheid. De sociale veiligheid is het figuurlijk begaanbaar houden van de openbare ruimte zodat mensen zich veilig voelen.

#### 2. Integratie

Op welke manier wordt het ontwerp ingepast in de wijk? Wordt er aansluiting gerealiseerd met andere gebieden of structuren in de wijk? Hoe wordt er omgegaan met bewoners, bestaande bebouwing en infrastructuur?

#### 3. Duurzaamheid

Hoe groot is de levensduur van het ontwerp? Welke kwaliteit van materialen wordt er toegepast? In hoeverre is er een onderhoudsvisie ontwikkeld?

#### 4. Aantrekkelijkheid

Dit is een subjectief criteria. Het is vooral van belang of het onderwerp aantrekkelijk wordt gevonden door de inwoners en bezoekers en de opdrachtgever Gemeente Varna. Hier kan worden gedacht aan esthetische waarden die mensen individueel aan het ontwerp kunnen verlenen. Onderdeel van dit criteria is de opname van een groen aspect die een aantrekkelijke en gezonde leefomgeving faciliteert.

#### 5.. Uitvoerbaarheid

Is de constructie betaalbaar en uitvoerbaar? Zijn de ontworpen maatregelen simpel en eenvoudig? Als er veel materiaaltransport nodig is wordt de logistiek van het project ingewikkelder.

## 5.2 Toetsingsresultaten

De eerste stap in een Multicriteria analyse is de bepaling van de weegfactoren [1]. De bepaling van de onderlinge zwaarte (zie Bijlage B25) leidt tot de volgende weegfactoren (WF); De criteria in volgorde van belang zijn; Veiligheid (33), Aantrekkelijkheid (25), Uitvoerbaarheid (17) en Duurzaamheid (17). Het criteria Integratie (8) heeft minder waarde in dit onderzoek gekregen om de eerder besproken omvang van de inpassingsdiscussie. Per variant wordt een score gegeven op een schaal van 1-5 voor de verschillende criteria. Waar 5 een gunstige score is en 1 een ongunstige uitkomst. In tabel 2 zijn de resultaten van de criteria analyse gepresenteerd.

	WF	Variant 1		Variant 2		Variant 3		Variant 4	
		Score	Score*WF	Score	Score*WF	Score	Score*WF	Score	Score*WF
a. Veiligheid	33	3	99	4	132	5	165	4	132
b. Integratie	8	4	32	3	24	3	24	4	32
c. Duurzaamheid	17	3	51	5	85	2	34	3	51
d. Aantrekkelijkheid	25	5	125	1	25	4	100	4	100
e. Uitvoerbaarheid	17	5	85	3	51	2	34	3	51
			<b>392</b>		<b>317</b>		<b>357</b>		<b>366</b>

Tabel 2: Resultaten MCA

Variant 1 scoort het beste op de vastgestelde criteria en wordt voorgesteld als voorkeursvariant. Bij de constructie van het project wordt er voornamelijk gebruik gemaakt van natuurlijke materialen waardoor de uitvoerbaarheid wordt bevorderd en de kosten van het project gering kunnen blijven. Ook op aantrekkelijkheid scoort het ontwerp hoog. De groene oevers van het kanaal zullen de wijk opfleuren. Aangezien bij deze variant geregeld onderhoudswerkzaamheden nodig zijn scoort het middelmatig op duurzaamheid.

Variant 2 scoort het hoogst op duurzaamheid aangezien beton als constructiemateriaal wordt gebruikt. Dit wordt over het algemeen gezien als een robuuste oplossing. De variant levert daarentegen de minst aantrekkelijke toevoeging voor de wijk. De routing van het water door de wijk gebeurt sneller ten opzichte van de andere varianten.

Variant 3 is de meest veilige oplossing. De afvoer in het kanaal wordt dusdanig verlaagd, dat het systeem nog heviger type buien aankan. Het controlemechanisme waarbij de waterstand een parameter is voor het instromen van de reservoir werkt als extra veiligheidsmaatregel. Deze variant is in de uitwerking het meest flexibel, dit komt niet naar voren in de criteria-analyse. Ook wordt er geschat dat deze variant het duurst is in de uitvoering.

Variant 4 betreft een maatregel die in zijn huidige modelering weinig effect heeft op het stromingsverloop. De kosten van de aanleg zijn de investering in het systeem daarom niet waard. Het idee achter de variant is aantrekkelijk en toepasbaar, door gebruik te maken van de aanwezige ruimte in de natuurlijke geul, maar moet nog verder worden ontwikkeld om bruikbare resultaten te verkrijgen.



## 6. Conclusie

Door de overstromingsproblemen afgelopen zomer in de wijk Asparuhovo is er een grote behoefte aan een werkend afwateringssysteem. Met vier ontwikkelde varianten zijn er oplossingen gevonden om de extreme afvoeren van de maatgevende regelval van de betreffende dagen in juni goed te kunnen verwerken. Deze vier varianten passen binnen een ontwikkeld concept op systeemniveau waarin meer belangen en processen in de wijk samen zijn uitgewerkt om tot een goede oplossing te komen.

Er is een modelering opgezet van de bestaande situatie waarbinnen de vier varianten zijn ontwikkeld. Stap voor stap is uitgelegd welke aannamen en ontwerpvoorschriften zijn gebruikt. De afvoeren door het kanaal zijn met behulp het programma SOBEK berekend en de resultaten per variant gepresenteerd. Vervolgens zijn de varianten aan de hand van opgestelde criteria geëvalueerd en de natuurlijke variant 1 komt als 'beste-uit-de-test'. Binnen het kader van dit onderzoek wordt deze variant aan de opdrachtgever geadviseerd. Er wordt aanbevolen de natuurlijke variant verder te ontwikkelen en te simuleren met meer type regenbuien. In de volgende, meer gedetailleerde stap worden er technische tekeningen gemaakt en het bestek wordt opgesteld. Er zijn verschillende onzekerheden in de gegenereerde oplossingsvarianten waarmee rekening mee moet worden gehouden. Deze worden in de volgende discussie sectie samengevat.

## 7. Discussie & Aanbevelingen

Tijdens het opzetten van de modelering is vaak het woord 'schatting' of 'aanname' gebruikt. Dit typeert het proces dat is doorlopen voor dit rapport. Op afstand en met de nodige 'vertaalbarrière' is het moeilijk de precieze data voor de modellering te vinden. Voor veel inputvariabelen, zoals parameters die de grond beschrijven en de afmetingen van de bestaande infrastructuur, is een plausibele waarde aangenomen. Aanvullend onderzoek naar de gebruikte parameters resteert. Er wordt geadviseerd om in een vervolgstudie alle geschatte parameters te variëren binnen een fatsoenlijke range. Wanneer binnen dit onderzoek blijkt dat een parameter geen invloed heeft op de uiteindelijke resultaten, hoeft er geen aandacht aan worden besteed. Parameters van grotere invloed zullen worden opgemerkt en vervolgens op locatie met aanvullende informatie beter benaderd kunnen worden. Tevens zal deze locatieanalyse een belangrijke input vormen voor het opstellen van meer specifieke eisen voor de inpassing van het kanaal. Daardoor verschuift ook het gewicht van de criteria-analyse en krijgt de juiste integratie van het kanaal met de wijk meer prioriteit.

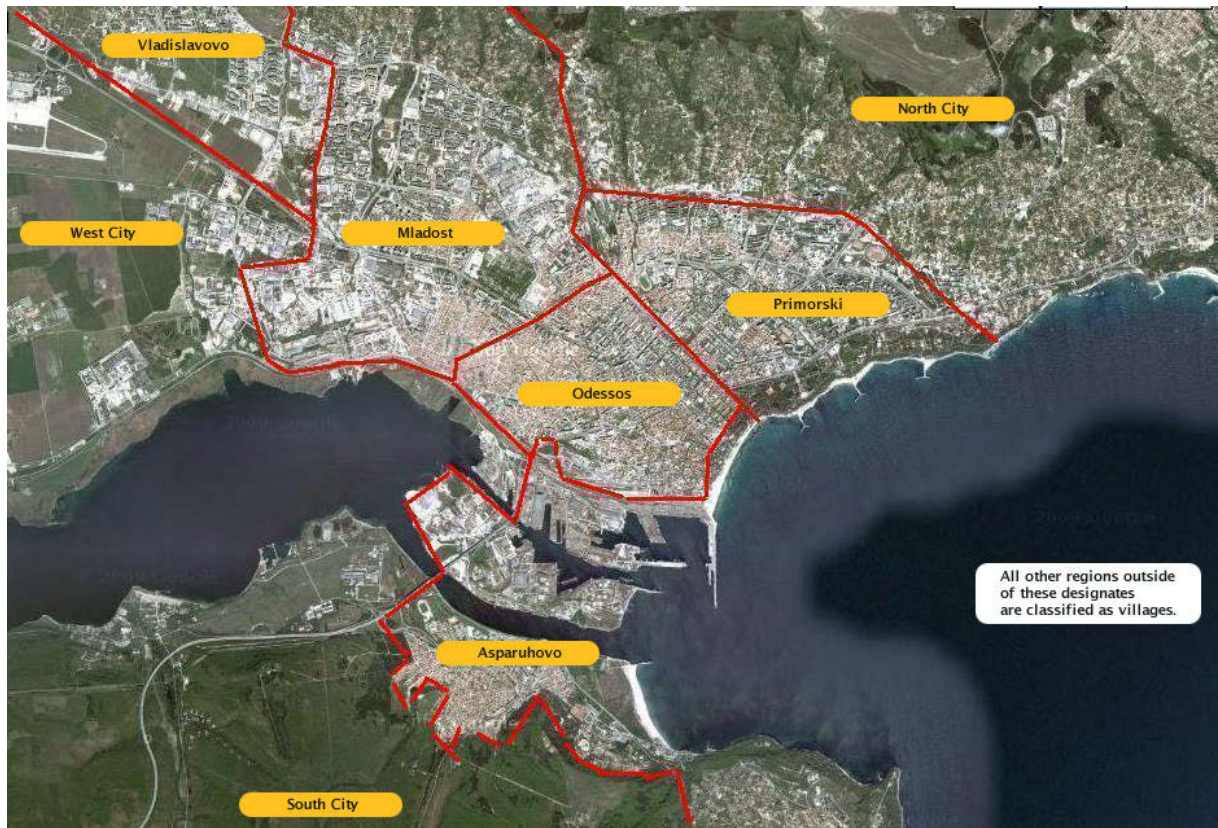
Een andere verbetering van het model kan worden gezocht in de hydrologische component, ofwel de gebruikte regenval data. De data is in periode van 3u gegeven en dit is een veel te grove tijdsstap voor het SOBEK programma waarbij de hydraulische component erg gevoelig is. De vraag is of de ingevoerde regendata in het model de daadwerkelijke regenval goed genoeg benaderd. In de vertaling naar de afvoercurve wordt geobserveerd dat de maximale afvoer later piekt in de tijd dan de grote waterstroom die in werkelijkheid is geobserveerd door ooggetuigen. Dit heeft te maken met de processen die binnen het Sacramento concept worden doorlopen. De beschikbare regenval data start in de ochtend van 18 juni en negeert zo de geregistreerde regen gevallen in de dagen ervoor [5]. De grondlaag was op de

betreffende dag dus al erg verzadigd. Waarschijnlijk reageert het gebied om bovengenoemde redenen in de realiteit sneller dan geprogrammeerd en kunnen er wellicht hogere afvoeren optreden dan voorspeld met dit model.

Een sterke aanbeveling wordt gedaan om de gekozen variant te simuleren met verschillende scenario's van variabele regenval. Vervolgens kan met optimalisatie technieken de uiteindelijke dimensionering van het kanaal worden vastgelegd. Deze moet bestendige zijn voor een scala van verschillende scenario's met het oog op klimaatverandering. Op deze manier wordt de betrouwbaarheid van het ontwerp vergroot.

# Bijlagen

## B1 Overzichtskaart Varna

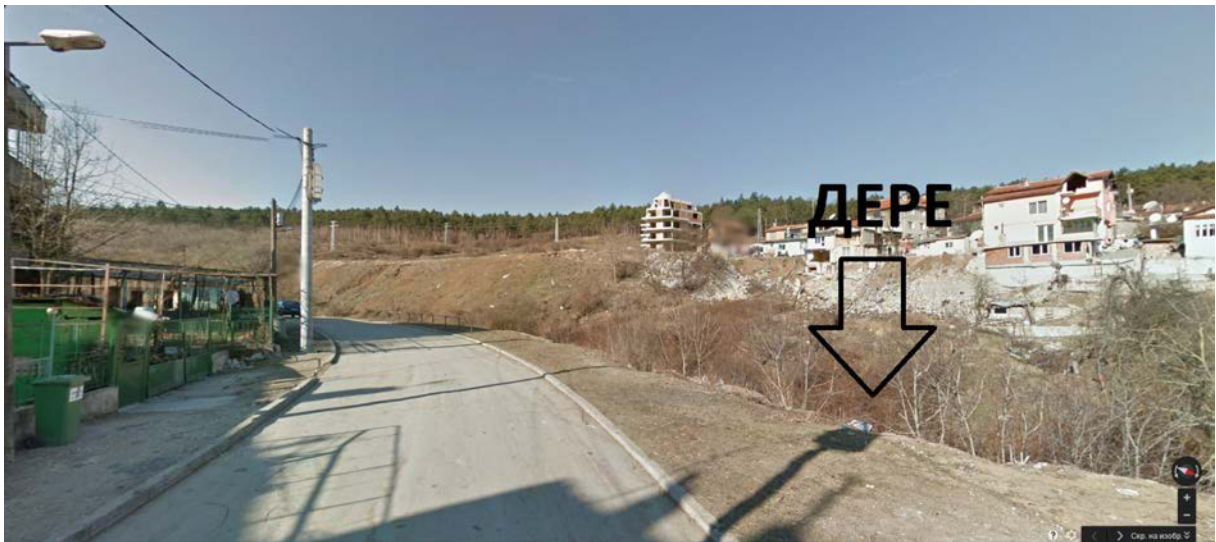


## B2 Foto's van Overstroming Asparuhovo [22]





**B3 Analyse Westelijke Geul (Beelden van Google Street view ) [13]**

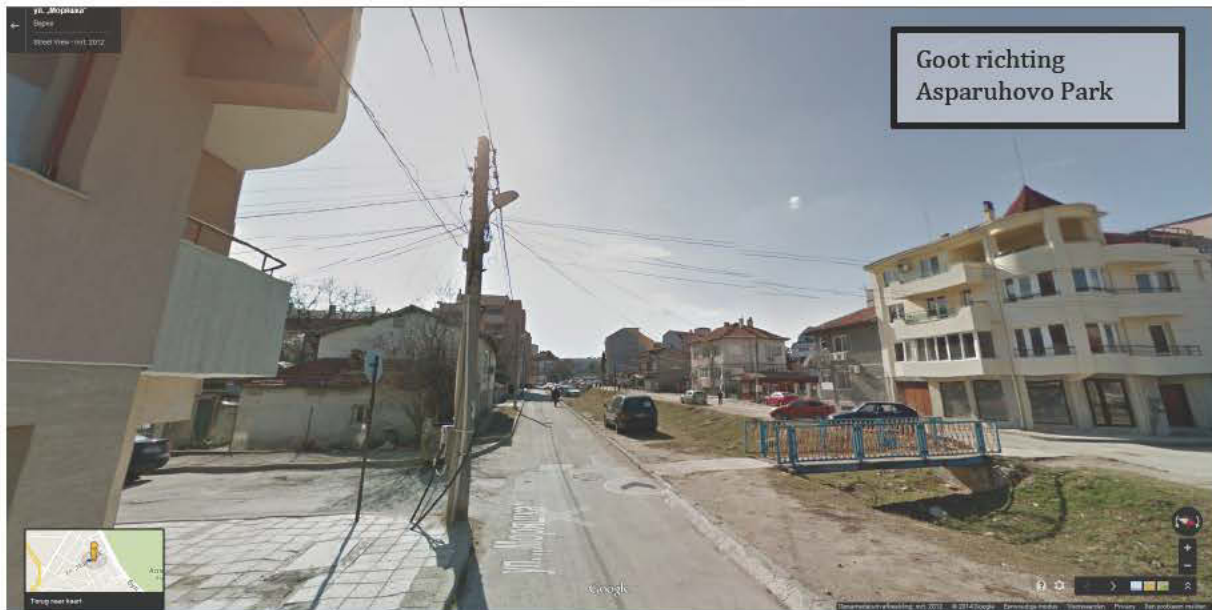






## B4 Analyse Oostelijke Geul (Beelden van Google Street View)





## B5 Stakeholdersanalyse

Met welke mensen, groepen en instanties krijgt de Gemeente Varna te maken? Het is waardevol om een overzicht te verkrijgen van belanghebbenden van allerlei niveaus (bedrijven, particulieren, enzovoort) die voor-, maar ook nadeel hebben van een nieuw in te passen afwateringssysteem. Hierbij een overzicht van al deze stakeholders.

### *Bewoners Asparuhovo*

Voor veel bewoners zal een nieuw ontwerp van het afwateringssysteem erg welkom zijn. De belangrijkste eis die deze groep aan de ontwerper stelt is dat het nieuwe systeem veilig is en dat er een garantie bij oplevering kan worden gegeven dat een ramp zoal afgelopen zomer zich nooit meer zal voltrekken. Aangezien de bewoners die uiteindelijke 'gebruikers' zijn, zullen zij hun mening willen uiten over het ontwerp van de afwateringskanalen en de inpassing ervan in hun wijk. Participatie in het ontwerpproces leidt tot meer tevredenheid over het uiteindelijke ontwerp. Belangrijk op te merken is dat er een mogelijkheid bestaat dat bewoners van de wijk Asparuhovo tegenover elkaar komen te staan in de discussie. Met de grote hoeveelheid materiele schade en 14 doden kunnen de gemoederen snel oplopen. Er worden erg veel verwijten geuit naar de illegale bouw van de zigeunerbevolkingsgroep in de wijk. In de Bulgaarse samenleving leeft deze minderheidsgroep, op plekken zoals 'Rozova Dolina', vaak in situaties van armoede en criminaliteit. Belangrijk is dat met het ontwerp en inpassing van het kanaal rekening met deze bewonersgroep worden gehouden. Ook moet er rekening met alle wijkbewoners worden gehouden tijdens de uitvoering van het project. Bewoners mogen niet te veel overlast ervaren en ze moeten goed op de hoogte worden gehouden van de verschillende fases in het bouwproces. Met verschillende informatieve technieken kan de ontwerper in samenwerking met de aannemer interesse in de bouw creëren.



### *Winkeleigenaren*

Specifiek gaat het hier om die eigenaren waarvan de winkel, marktkraam of stal langs of op de bestaande afwateringskanalen zijn gebouwd. Belangrijk voor deze groep is dat hun klandizie geen nadeel ondervindt aan de bouw van het nieuwe kanaal. Binnen het ontwerp zullen zij pleiten voor een vergrote, blijvende toegankelijkheid van hun winkels en de markt. Bij de oostelijke geul staat deze markt. Er moet op deze plek een verantwoorde integratie plaats vinden van het nieuwe te ontwerpen afwateringssysteem waarmee wellicht meerwaarde kan worden gecreëerd.

### *Toerisme Sector*

Dit zijn eigenaren van hotels, resorts en vakantiehuizen maar ook seizoensgebonden recreatie en horecaondernemers. De gevolgen van de overstromingsramp van afgelopen zomer maken de wijk Asparuhovo minder aantrekkelijk voor toeristen. Bij het horen van de gebeurtenissen en het dodenaantal zullen velen afschrikken en hun vakantiebestemming naar de wijk heroverwegen. De toerimesector zal aankomend seizoen, net als afgelopen zomer te lijden hebben onder afgenomen aantallen toeristen. Het is voor hun van groot belang dat de wijk Asparuhovo zich snel herstelt, er aantrekkelijk eruit gaat zien, en weer positief in het nieuws komt. De belangrijkste eis van deze stakeholdersgroep is de snelheid van de herstelwerkzaamheden en het belangrijkste criteria is de aantrekkelijkheid van het ontwerp.

### *Automobilisten en andere weggebruikers*

Het traject van de kanalen kruist op twee plekken de belangrijke verkeersaders 'Narodni Buditeli boulevard', 'Sv. Kiril i Metodiy boulevard' en 'Moryashka Street' in de wijk. In de analyse van de bestaande infrastructuur is naar voren gekomen dat de belangrijkste centrale straten en kruisingen van Varna en de toegangswegen tot de resorts in de voorsteden staan erg vaak vast staan, wat de capaciteit van het vervoersnetwerk in de stad drastisch verlaagd. Als de bestaande verkeerssituatie al slecht is, moet er extra op worden gelet dat bouwactiviteiten de zaken niet verergeren. Er zijn een aantal grote winkels (waaronder het nieuwe Asparuhovo winkelcentrum), bedrijventerreinen, horeca gelegenheden, scholen, publieke gebouwen, woontorens, het park en strand in de buurt. Alle bestemmingen moeten goed bereikbaar blijven voor mensen.

## **B6 Meerwaarde Analyse**

Financiële meerwaarde kan worden gecreëerd door in het ontwerp ondernemers en stedenbouwers te betrekken. Voor de hand liggen de partijen die al actief zijn met ondernemingen in de wijk, zoals de winkeleigenaren, horeca- en vastgoedexploitanten. Het concept van het afwateringssysteem kan breder worden getrokken door een stuk stedelijke ontwikkeling mee te nemen in het ontwerp. Wellicht is de bestaande markt net als het populaire winkelcentrum, toe aan vernieuwing. Daarnaast moet worden gekeken of binnen de toerimesector interesse is om te investeren in het project. Als het afwateringsconcept op grotere schaal wordt ontwikkeld, en er bijvoorbeeld extra groenvoorzieningen, recreatie of zelfs woonvoorzieningen bij worden betrokken kan dit erg interessant zijn voor verschillende exploitanten.

Als er naast afwatering ook een waterbergingsfunctie aan het afwateringsysteem wordt gekoppeld, kan deze nieuwe watervoorziening worden geëxploiteerd. Onderzocht moet worden of de hoeveelheid water welke bovenstrooms kan worden opgevangen (in bijvoorbeeld een aan te leggen reservoir) genoeg mogelijkheden biedt om industriële of residentiële faciliteiten in de buurt van water te voorzien voor o.a. afkoelingsinstallaties.

Op een meer indirecte manier kan er met de inpassing van het afwateringsysteem meerwaarde gecreëerd worden in de vorm van wijkintegratie. Hiermee wordt geprobeerd een oplossing te vinden in het bestaande conflict over de toegestane bouw van Roma huizen in een gedeelte van het afwateringskanaal. In de gebiedsanalyse is duidelijk naar voren gekomen dat ongestructureerde huizenbouw in dit bovenste gedeelte van de wijk zorgt voor een gebroken drainagesysteem en infrastructuur voor de gehele wijk Asparuhovo. Een groot deel van deze huizen is verwoest. Daarnaast heeft de gemeente Varna bevolen dat 120 structureel instabiele huizen moeten worden gesloopt. Door mensen op straat te zetten of geforceerd te verplaatsen verergert het conflict in de wijk allen maar. Er moeten mogelijkheden worden onderzocht om op korte en lange termijn een betere integratie van deze minderheidsgroep te realiseren. Deze ontwerpstrategie zal geen financiële waarde creëren, maar een investering blijken voor toekomstige wijkcohesie en conflictbesparing. In plaats van wederopbouw op dezelfde locatie kan er bijvoorbeeld worden gekeken naar inpassing van bebouwing voor deze bewoners hogerop.

Bovenstaande argument geldt overigens ook voor de beslissing voor de bouw van afwateringsysteem. Het is een investering om overstromingsschadetekosten in de toekomst te voorkomen

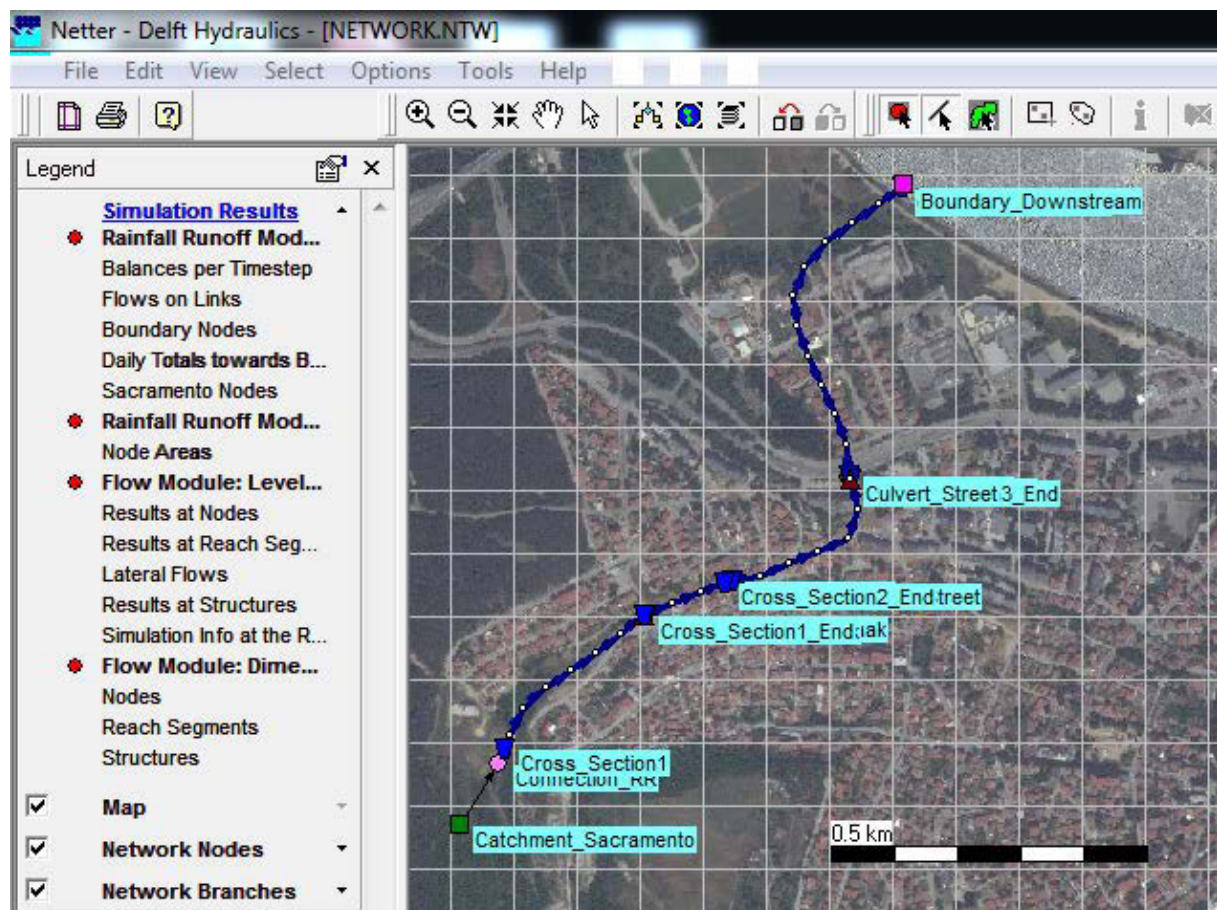
## **B7 Wet- en regelgeving**

De Gemeente Varna heeft in 2013 het 'Municipal Development Plan voor 2014-2020' gepresenteerd [4]. Dit is een omvangrijk, strategisch document waarin de doelstellingen en prioriteiten over duurzame en integrale sociaaleconomische ontwikkelingen voor de komende 7 jaar van de gemeente staan. Opgenomen zijn de geplande verbeteringen van alle problematische aspecten van de fysieke en sociale omgeving. Meer dan 60% van de financiële middelen wordt toegewezen voor de duurzame en geïntegreerde stedelijke ontwikkeling, zoals energie-efficiëntieprojecten voor residentiële en kantoorgebouwen, de ontwikkeling van het onderwijs en de sociale infrastructuur, evenals geïntegreerde stedelijke vervoer [23]. Het gaat buiten de scope van dit project om al deze verbeteringen op te sommen. Wel moet worden opgemerkt dat dit genoemde document tijdens het ontwerpproces op de relevantie secties en onderwerpen moet worden gecheckt.

## B8 Discussie Inpassing en Integratie

Op veel plekken in Varna heeft de gemeente problemen met de gipsy bevolking. Ze wonen illegaal in chaotisch gestructureerde wijken op dure grond in de stad. Het is voor de gemeente een uitdaging om integratieprojecten te ontwikkelen en uit te voeren voor de problemen die zich voordoen in de wijken. Het ontwerp van een nieuw afwateringsysteem, vlak na de verwoestingen in de Gipsy wijk Rovoza Dolina, biedt een kans voor de gemeente om deze wijk en haar bewoners op een positieve en toonaangevende manier te integreren met de omgeving. Er moet een inpassing worden gevonden voor het traject van het afwateringskanaal rekening houdend met de bestaande bebouwing en infrastructuur. Dit betekent dat er ook met de bestaande illegale bouw van de Roma's rekening moet worden gehouden. Blijkt dat onmogelijk door andere opgestelde criteria, dan moet worden gezocht naar oplossingen waar beide partijen (Gemeente, Gipsy bewoners) mee akkoord zijn.

## B9 Model in SOBEK



## B10 Manning Ruwheidwaarden [16]

Tabel 10.1 - Indicatie van ruwheidswaarden voor de Strickler-Manning vergelijking

(Materiaal)karakteristieken van de waterloop	Manning ruwheidswaarde $n$
Beton	0.010-0.013
Gravelbodem	0.020-0.030
Natuurlijke waterlopen:	
Goed onderhouden, recht	0.025-0.030
Goed onderhouden, slingerend	0.035-0.040
Slingerend, met vegetatie	0.040-0.050
Met stenen en vegetatie	0.050-0.060
Uiterwaarden:	
Akkerbouw	0.035
Akkerbouw	0.040
Struikgewas	0.050
Dicht struikgewas	0.070
Dichte bebossing	0.100

## B11 Beschrijving 'Sacramento Node' [17]

### A. Processen binnen de Sacramento Node

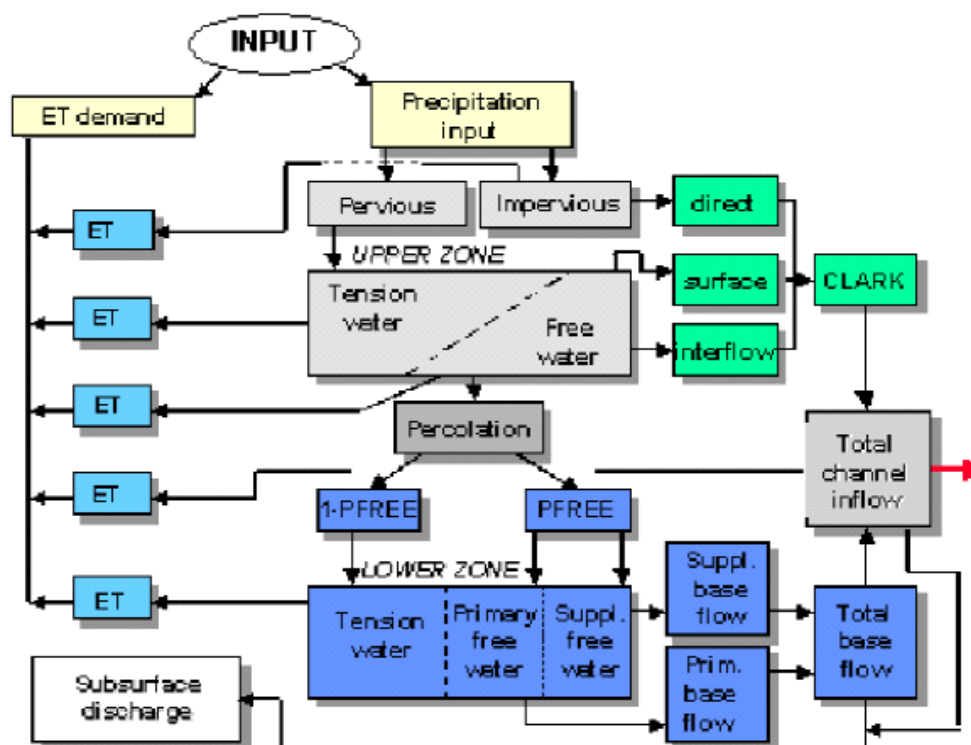


Figure 6.86: Schematisation of the rainfall-runoff process in a segment

## B. Parameters gebied

Parameter	Description	Value
Surface (ha)	Area draining to gully	417.89
ZPERC	proportional increase in percolation from saturated to dry conditions	10
REXP	exponent in percolation equation	2
PFREE	fraction of percolated water directly to lower zone free water	0.2
RSERV	fraction of lower zone free water, unavailable for transpiration	0.3
PCTIM	permanently impervious fraction of basin	0.065
ADIMP	fraction of basin which becomes impervious as all tension water requirements are met	0.2
SARVA	fraction of basin covered by streams and channels	0.045
SIDE	fraction of baseflow not observed in the streams and channels	0
SSOUT	sub-surface outflow	0
PM	time interval increment parameter	0
PT1	rainfall threshold 1	0
PT2	rainfall threshold 2	0

## C. Capaciteiten grond

De aangenomen waarden binnen het Sacramento Concept betreft de capaciteiten van de 'upper' en 'lower' zones in de grond. Beide zones bestaan weer uit twee gedeelten, het 'free water storage' en het 'Tension reservoir'. 'Tension water' is het water dat dicht op de gronddeeltjes gebonden is. Tussen de verschillende elementen vindt uitwisseling plaats. Via de 'tension storage' kan er water naar de 'free water storage' verplaatsen of via evaporatie verdwijnen. Via het 'free water storage' kan er water via percolatie verplaatsen naar het lower zone reservoir, of via evaporatie verdwijnen. Andere data, zoals de hoeveelheid water aanwezig in de verschillende reservoirs voordat de simulatie begint, kan worden gespecificeerd. Bovendien kunnen aan de verschillende zones drainage snelheden worden gekoppeld. Dit is een waarde voor de hoeveelheid water die per dag wordt afgevoerd door de verschillende grondlagen. De verschillende beginwaarden voor al deze invoeren zijn hieronder in de tabel te vinden. Deze waarden zijn de waarden die het model aangeeft als standaard-case.

Definition:	----- upper zone -----		----- lower zone -----		
	tension water	free water	tension water	supplemental free water	primary free water
Storage capacity [mm]	50	150	500	150	150
Initial content [mm]	50	150	450	100	150
Drainage rate [1/day]		0.2		0.06	0.004

## D. Beschrijving van Parameters zoals opgesteld in de User Manual van SOBEK (Text is in Engels). *In Rood staan de aangenomen beginwaarden geschreven.*

**ZPERC** The proportional increase in percolation from saturated to dry condition is expressed by the term ZPERC. The value of ZPERC is best determined through computer trials. The initial estimate can be derived by sequentially running one or two months containing significant hydrograph response following a dry period. The value of ZPERC should be initially established so that a reasonable determination of the initial run-off conditions is possible. *Er is gekozen voor een initiale waarde van 10. Variëren kan binnen ??*

**REXP** The exponent in the percolation equation which determines the rate at which percolation demand changes from the dry condition,  $(ZPERC + 1) * PBASE$ , to the wet condition,  $PBASE$ . Figure VIII.3.4 illustrates how different values of the exponent affects the infiltration rate. It is recommended that an initial estimate of this exponent is made from the same record which is used in determining an initial estimate of ZPERC. The interaction between PBASE, ZPERC and REXP may require a shift of all three terms whenever it becomes clear that a single term should be changed. Visualising the percolation curve generated by these three terms helps to ascertain the necessary changes. The observed range of REXP is usually between 1.0 and 3.0. Generally a value of about 1.8 is an effective starting condition. *Er is gekozen voor een initiale waarde van 2. Variëren kan binnen 1-3.*

**PFREE** Fraction of the percolated water which is transmitted directly to the lower zone free water aquifers. Its magnitude cannot generally be determined from hydrograph analysis. An initial value of 0.20 is suggested. Generally, values will range between 0 and 0.40. The analysis of early season baseflow allows an effective determination of PFREE. *Er is gekozen voor een initiale waarde van 0.2. Variëren kan binnen 0-0.40*

**RSERV** Fraction of the lower zone free water which is unavailable for transpiration purposes. Generally this value is between zero and 0.40 with 0.30 being the most common value. This factor has very low sensitivity. *Er is gekozen voor een initiale waarde van 0.3. Variëren kan binnen 0-0.4*

**PCTIM** Permanently impervious fraction of the basin contiguous with stream channels. It can be determined from small storms after a significant period of dry weather. Then the volume of direct runoff (= observed runoff - baseflow) divided by the volume of rain gives the percentage impervious fraction of the basin. PCTIM should not be close to 1! *Er is een waarde berekend van 0.065. Deze fractie is gebaseerd op 27 hectare gebied dat wordt aangeduid met 'onderbroken stedelijk weefsel'. Dit stuk wordt als impervious beschouwd in de berekeningen.*

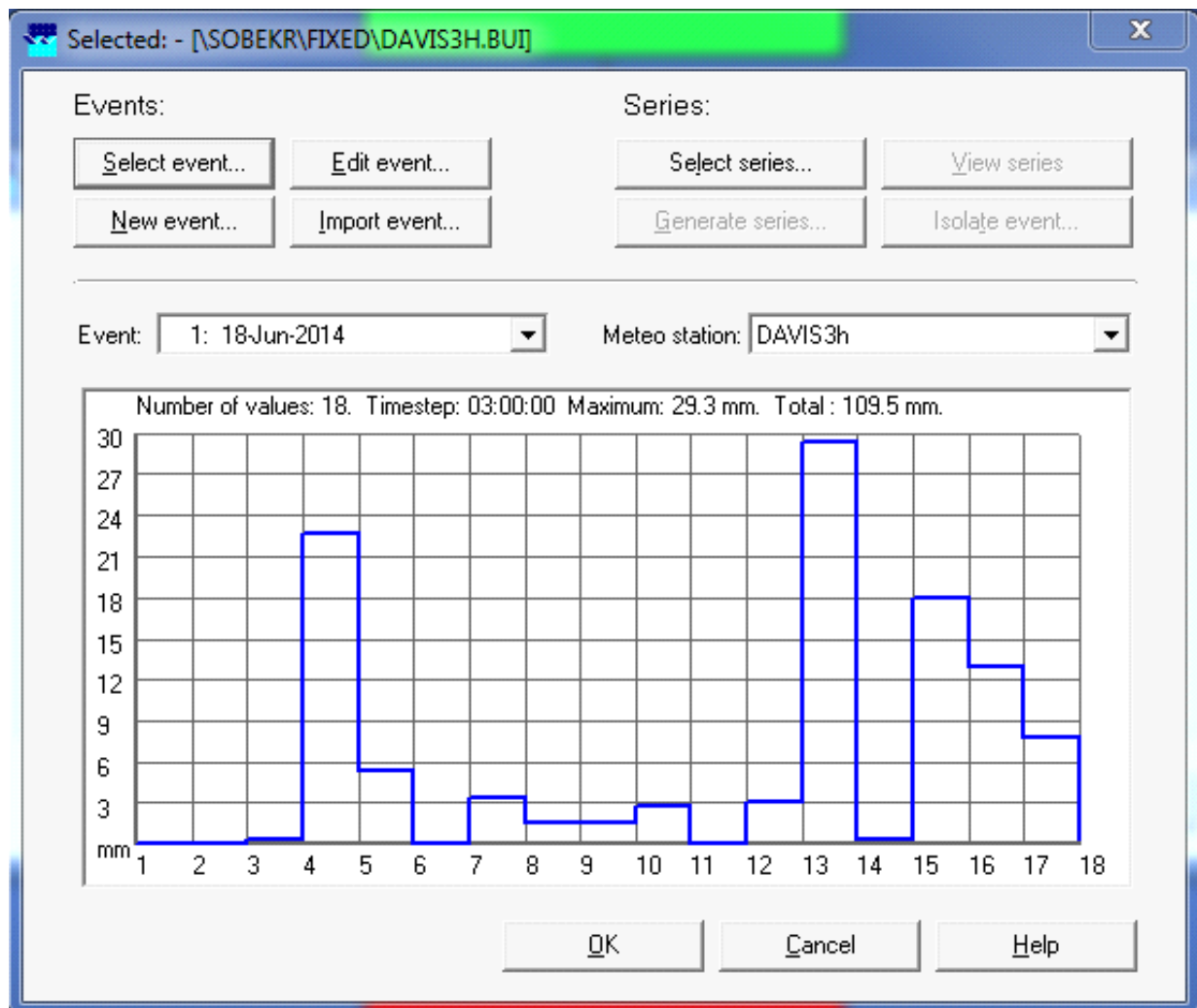
**ADIMP** Fraction of the basin which becomes impervious as all tension water requirements are met. It can be estimated from small storms after a very wet period. As before, the volume of direct runoff divided by the volume of rain gives the total percentage of impervious area. The estimate for ADIMP follows from:  $ADIMP = \text{Total Percentage Impervious} - PCTIM$ . *Er is gekozen voor een initiale waarde van 0.2*

**SARVA** Fraction of the basin covered by streams, lakes, and riparian vegetation, under normal circumstances. The SARVA area is considered to be the same as or less than PCTIM. Detailed maps may be referred to in order to estimate the extent of paved areas which drain directly to the streams so that differences between PCTIM and SARVA can be approximated. Generally, SARVA appears to range between 40 % and 100 % of the PCTIM value. *Er is gekozen voor een initiale waarde van 0.045. Dit is 70% van de PCTIM waarde.*

**SSOUT** The sub-surface outflow along the stream channel which must be provided by the stream before water is available for surface discharge. This volume expressed in mm/time interval is generally near zero. It is recommended that the value of zero be utilised, and SSOUT is applied only if the log Q vs time plot requires a constant addition in order to achieve a valid recession characteristic. If constant volumes of flow are added to observed stream flow, the slope of the discharge plot will be altered. That value, which is required to linearize the primary recession, is the appropriate value of SSOUT. It should be realised that where SSOUT is required, an effective determination of lower zone free water storages and discharge rates will require inclusion of the SSOUT value. *Deze waarde wordt op 0 gehouden.*

**PM, PT1, PT2** Time interval increment parameter (PM) and rainfall thresholds (lower rainfall threshold PT1 and upper rainfall threshold PT2). The model simulates the rainfall-runoff process with a time step which is smaller than the time interval of the basic data (usually one day). The number of increments in the time interval is derived from:  $N_t = 1 + PM * (UZFWC * F + Peff)$  where:  $F = 1$  : for  $Peff < PT1$   $F = (Peff/PT2)^{0.5}$  : for  $PT1 \leq Peff \leq PT2$   $F = 1 - PT2/Peff$  : for  $Peff > PT2$  If the input time interval equals an hour, this option is internally skipped. *De waarden worden op 0 gehouden.*

## B12 Regenval Data



## B13 Methode en Formules Concentratietijd

630.1502: Methods for estimating time of concentration [19]

*“The SCS method for watershed lag was developed by Mockus in 1961. It spans a broad set of conditions ranging from heavily forested watersheds with steep channels and a high percent of runoff resulting from subsurface flow, to meadows providing a high retardance to surface runoff, to smooth land surfaces and large paved areas.”*

$$T_c = \frac{l^{0.8}(S + 1)^{0.7}}{1140Y^{0.5}}$$

With  
 $T_c$  = time of concentration, h  
 $l$  = flow length, ft  
 $Y$  = average watershed land slope, %  
 $S$  = maximum potential retention

$$S = \frac{1000}{cn'} - 10$$

where:  $cn'$  = the retardance factor

Voor 'flow length' is een waarde van 4500m ingevoerd (14763.78 ft). Dit is de afstand van het meest verwijderde punt tot aan de instroom van de geul. Ook is een berekening uitgevoerd met de empirische formule  $l = 209A^{0.6}$ , opgenomen in het hoofdstuk, waarbij A de waarde van de oppervlakte van het afstroomgebied in acres voorstelt. De lengte komt dusdanig overeen (13,442 ft) dat gekozen is voor gemeten waarden. De helling van het landschap is gegeven in de hydrologische studie van het meteorologische instituut Bulgarije. Deze bedraagt 162 op 1000 [5].

***“Retardance factor—The retardance factor,  $cn'$ , is a measure of surface conditions relating to the rate at which runoff concentrates at some point of interest. The term “retardance factor” expresses an inverse relationship to “flow retardance.” Low retardance factors are associated with rough surfaces having high degrees of flow retardance, or surfaces over which flow will be impeded. High retardance factors are associated with smooth surfaces having low degrees of flow retardance, or surfaces over which flow moves rapidly.”***

De 'retardance factor' is ongeveer hetzelfde als het 'curve nummer (CN)' opgenomen in het onderdeel 'Hydrologic Soil-Cover Complexes' van het *National Engineering Handboek* [20]. In dit document is een waarde van 83 gevonden voor CN. Deze waarde is karakteristiek voor bosgebied waarbij de grond slechte hydrologische condities heeft. Hydrologische conditie is gebaseerd op een combinatie van factoren welke infiltratie en run-off beïnvloeden. Bij slechte hydrologische condities is infiltratie vertraagd en directe afvoer groter. Dit is kenmerkend voor de droge gronden op de hellingen in de zomertijd.

Met deze waarden is een uitkomst van 10.29 uur voor de concentratietijd van het afstroomgebied boven de wijk Asparuhovo gevonden.

### **B14 Clark Methode [17]**

In het Sacramento knooppunt in SOBEK wordt gebruikt gemaakt van de Clark methode, een gecombineerd 'time-area' en 'storage routing' aanpak. De 'time-area diagram' is de outflow van een segment waarbij translatie van de instantane toevoer van neerslag van het gehele segment plaatsvindt. Er treedt geen deformatie op. Het opgesteld time-area diagram wordt vervolgens door een linear reservoir geleid waar het effect van opslag in het open drainage systeem wordt gesimuleerd met behulp van de regressiecoëfficiënt k. Deze coëfficiënt wordt bepaald door de helling van de het recessie gedeelte van de oppervlakte afvoerverlooptlijn ('Hydrograph'). Omdat er alleen data beschikbaar is van een enkele gebeurtenis kunnen er geen valide uitspraken over deze analyse worden gedaan. Kijkend naar de stroomgebied eigenschappen is het aannemelijk dat de afname van de afvoer gedurende de droge tijd in zomerperiode snel zal plaatsvinden. De mate van afname van de afvoer en de mate van afvoer van de grondwatervoorraad wordt bepaald door verschillende stroomgebiedseigenschappen zoals het doorlaatvermogen van de ondergrond, de berging coëfficiënt, maar ook de verdamping. De output vanuit het reservoir is de Instantane Unit Hydrograph (IUH), hieronder afgebeeld. De calculaties voor het voltooiën van de berekening met de Clark methode vallen buiten de tijdslimiet van dit project en daarom zijn de calculaties beperkt tot het eerste gedeelte, het toepassen van het looptijdsbeginsel. Er wordt aangeraden om in een vervolgonderzoek hier langer bij stil te staan.



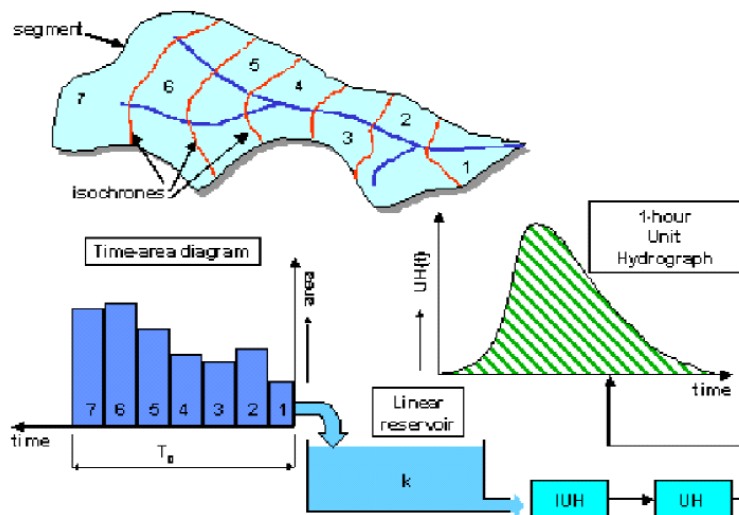
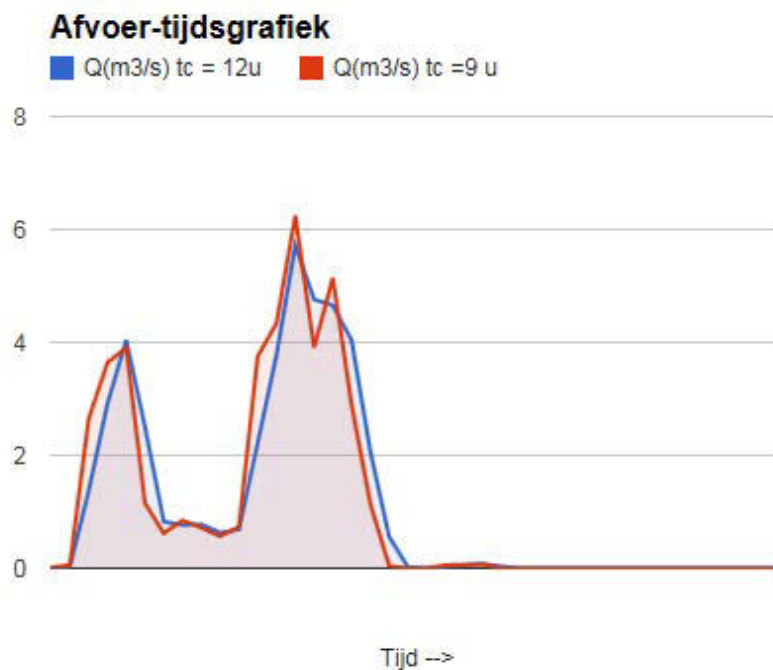


Figure 6.89: Principles of the Clark method for simulating surface runoff and interflow.

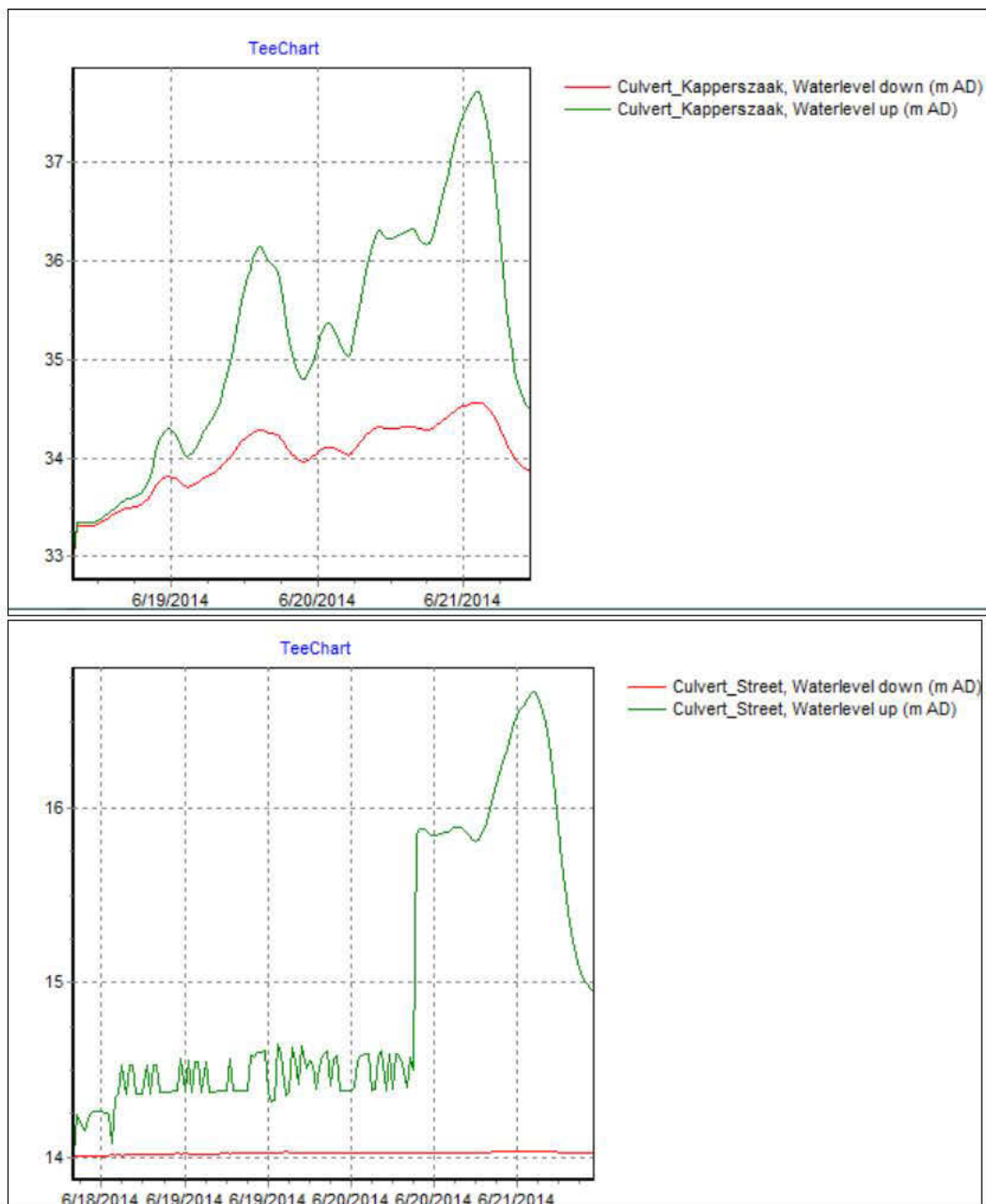
## B15 Oppervlakten

	A(m) met tc = 12u	A(m) met tc = 9u
A1	626835	1232775.5
A2	1211881	1420826
A3	1629771	1525298.5
A4	710413	-
<b>Totaal(m<sup>2</sup>)</b>	<b>4178900</b>	<b>4178900</b>

## B16 Afvoergrafieken



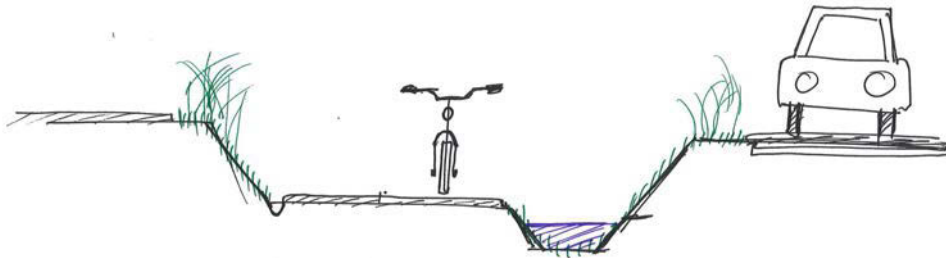
## B17 Waterstanden Duiker 1 & 2



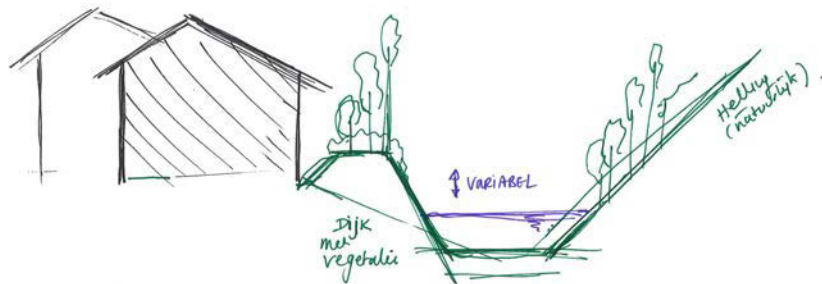
## B18 Transport concept

Het traject wat interessant is om te ontwikkelen als fietspad is het kanaal langs delen van 'Moryashka' straat. Deze straat is de connectie van het Asparuhovo park met de Asparuhovo markt. Gekeken moet worden naar andere mogelijke fietstrajecten waarmee verbonden kan worden. Een analyse van de gehele wijk moet aanwijzen wat de routes en connecties zijn die waardevol zijn om mee te ontwikkelen. Ook moeten er begaanbare fietspaden in het park worden aangelegd voor recreatieve mogelijkheden en om de fiets aantrekkelijk te maken als vervoermiddel. Er kan hierbij ook worden gedacht aan een fietsboulevard langs en richting het strand.

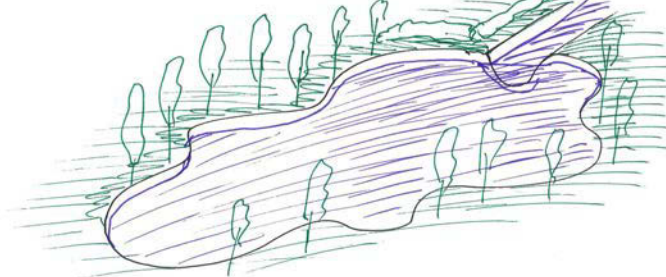
1. MORYASHKA STRAAT.



• DOORSNEDE KANAAL ONTWERP THV. GIPSY WIJK.



• CONCEPT WATERPARK . TOE TE PASSEN .  
OP VERSCHILLENDE LOCATIES IN DE WIJK .



## B19 Hydraulische Formules

Grasbekleding				Betonbekleding	
<b>yDom</b>		<b>yMax</b>		<b>yMax</b>	
$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	1000	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	1000	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	1000
$g$ (m/s <sup>2</sup> )	9.81	$g$ (m/s <sup>2</sup> )	9.81	$g$ (m/s <sup>2</sup> )	9.81
$A$ (m <sup>2</sup> )	0.5904125478	$A$ (m <sup>2</sup> )	0.99465	$A$ (m <sup>2</sup> )	0.74965
$b$ (m)	0.89	$b$ (m)	0.89	$b$ (m)	0.89
$m$	1.5	$m$	1.5	$m$	1.5
$k$ (m <sup>1/3</sup> /s)	35	$k$ (m <sup>1/3</sup> /s)	35	$k$ (m <sup>1/3</sup> /s)	75
$n$	2.24	$n$	2.24	$n$	2.24
$s$	0.033	$s$	0.033	$s$	0.033
<b>y (m)</b>	<b>0.3973214286</b>	<b>y (m)</b>	<b>0.57</b>	<b>y (m)</b>	<b>0.47</b>
$R$ (m)	0.2542073575	$R$ (m)	0.3377231025	$R$ (m)	0.2900438601
<b>Q (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>1.506396636</b>	<b>Q</b>	<b>3.066920238</b>	<b>Q</b>	<b>4.475269871</b>

### Gebruikte Formules [21]:

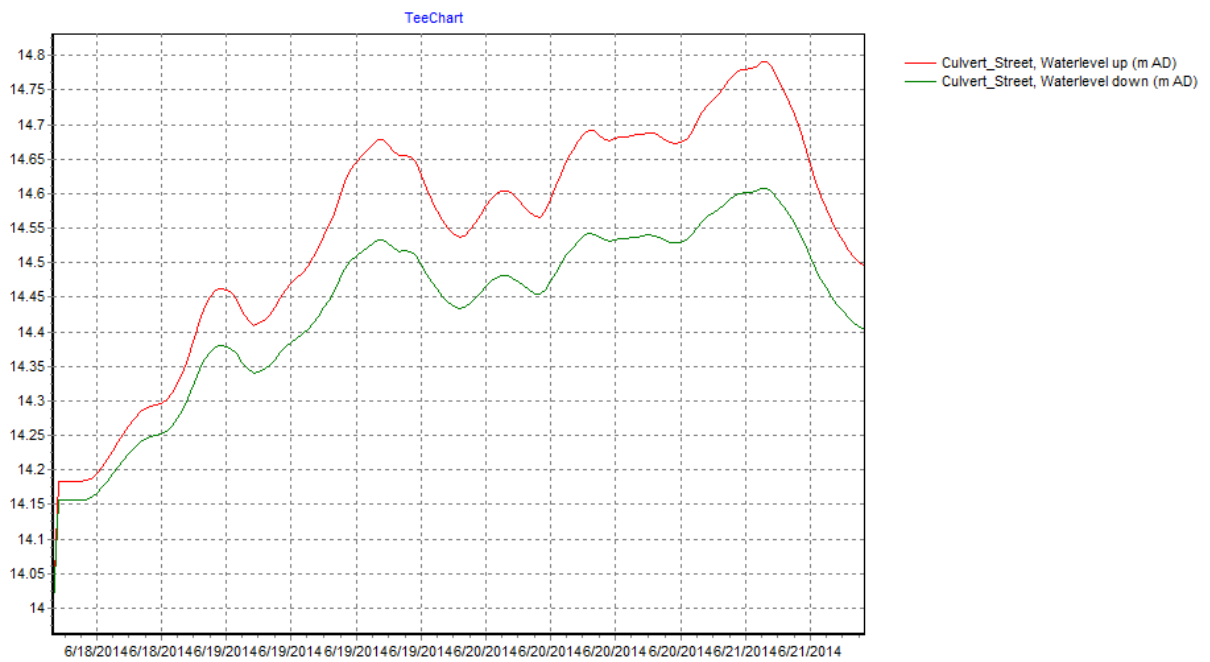
Afvoerformule:  $Q = kAR^{2/3}s^{1/2}$

Natte Doorsnede:  $A = (b + ym)y$

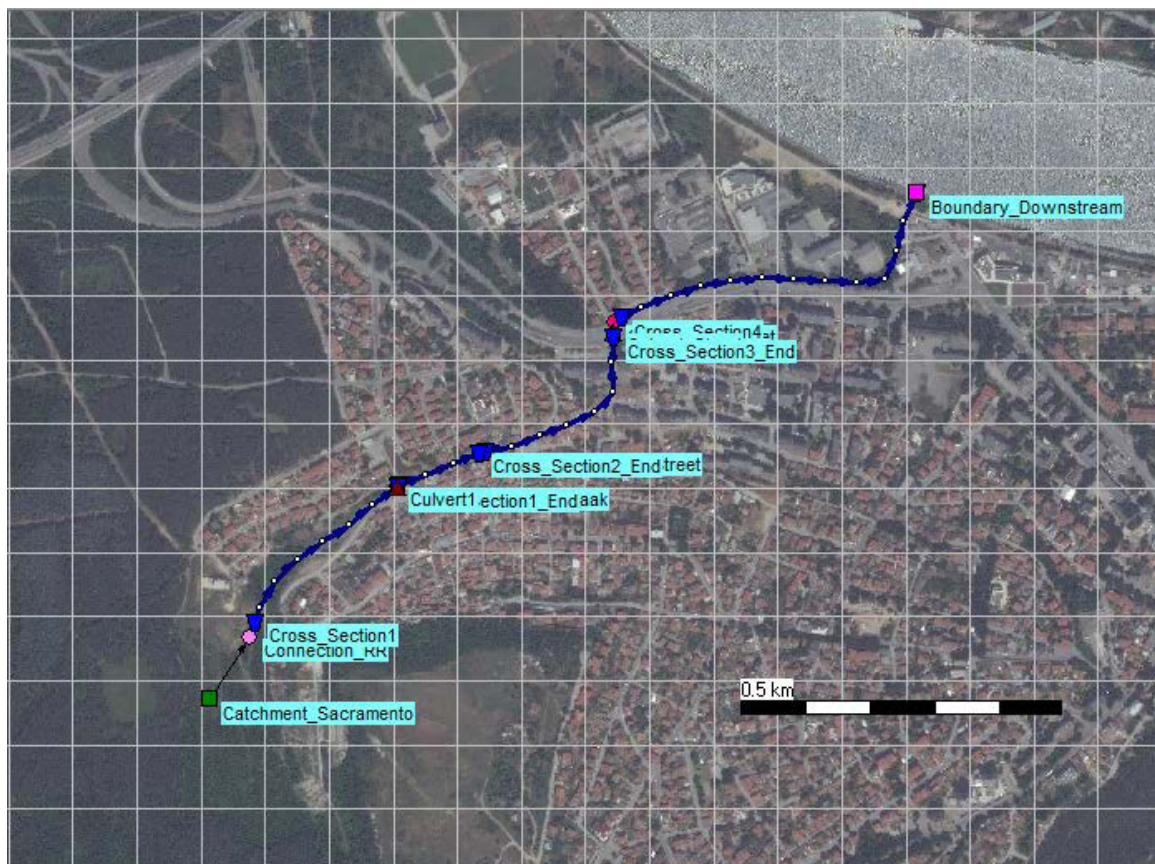
Hydraulische Straal:  $R = \frac{A}{b+2y\sqrt{1+m^2}}$

Bodembreedte-Waterhoogte verhouding:  $n = \frac{b}{y}$

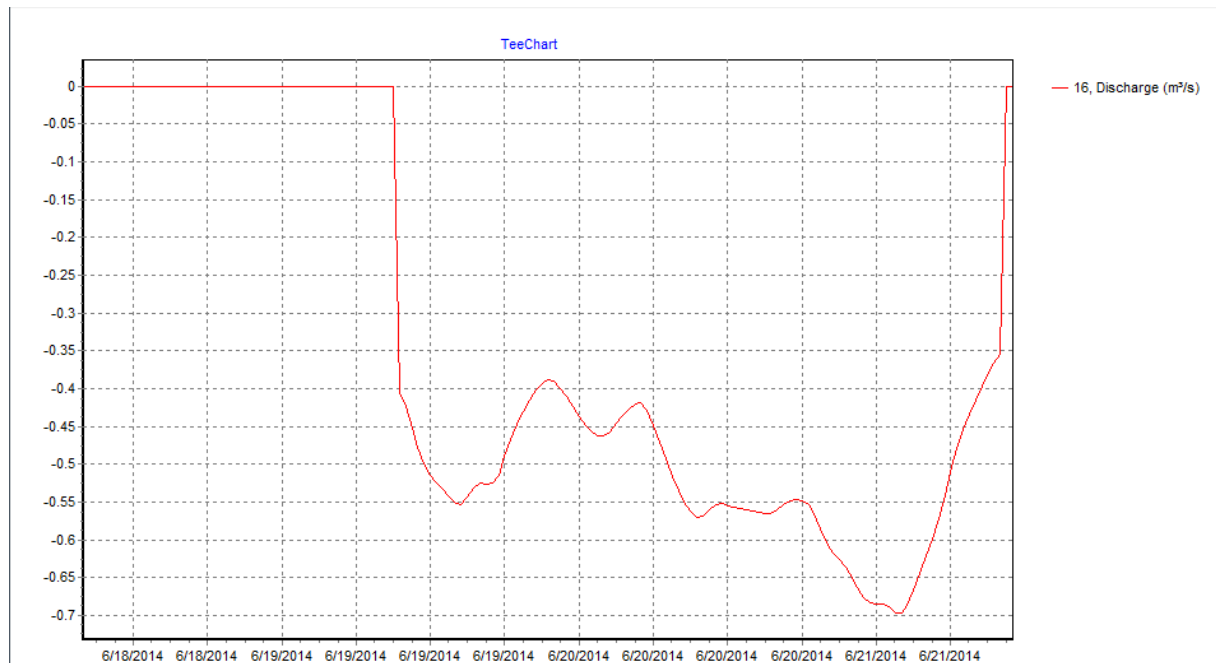
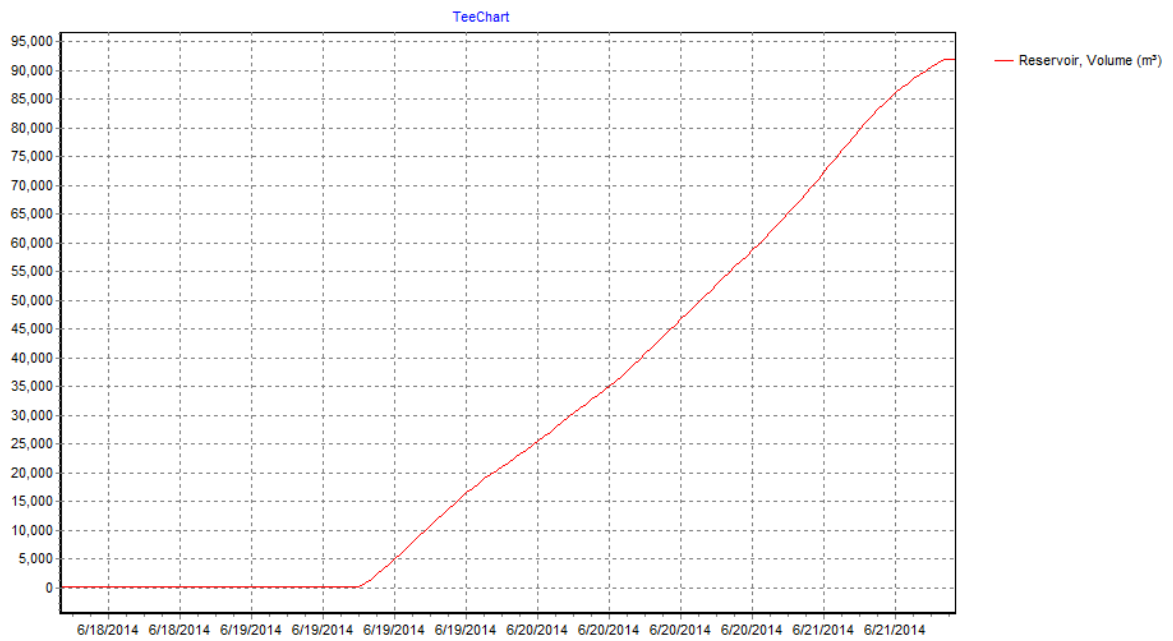
## B20 Resultaten Simulatie Variant 1



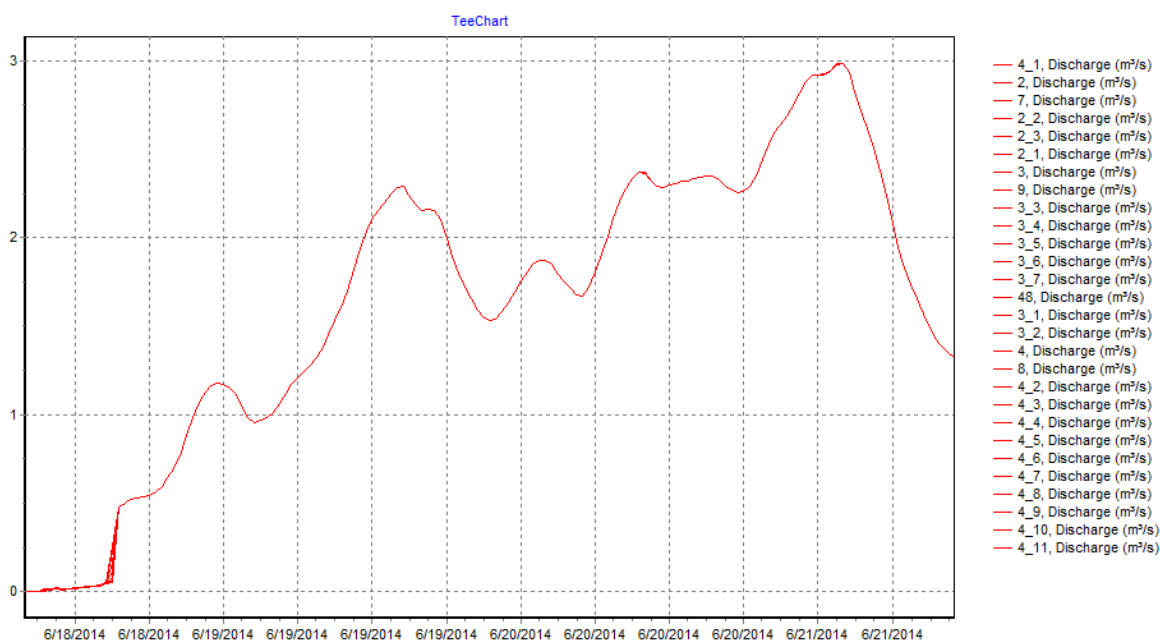
## B21 Resultaten Simulatie Variant 2



## B22 Resultaten Simulatie Variant 3



## B23 Resultaten Simulatie Variant 4



## B24 Kostenraming per Variant

### Begroting Variant 1 :Natuurlijk

	eenheid	hoeveelheid	tarief	totaal bedrag
<b>A. Werken van Algemene Aard</b>				
Voorbereiding/ Mobilisatie				\$2.500,00
Directiekosten				\$1.000,00
Demobilisatie				\$1.000,00
<b>B. Grondverzet</b>				
Verwijdering Struikgewas	m2	4300	\$0,50	\$2.150,00
ontgraving grond	m3	1650	\$2,00	\$3.300,00
Ophoging grond oevers	m3	420	\$3,00	\$1.260,00
Grondvervoer	m3	2070	\$5,00	\$10.350,00
Aanbrengen van bodemlaag en Gras zaaien	m2	4300	\$1,00	\$4.300,00
<b>C. Kunstwerken</b>				
Constructie betonnen geul (variant 2)				
Extra grondontgraving voor duikers	m3	10	\$2,00	\$20,00
Gewapend Beton voor duikers				
Duiker 1	m3	3,75	\$200,00	\$750,00
Duiker 2	m3	18	\$200,00	\$3.600,00
Grond aanvulling en verdichting	m3	25	\$3,00	\$75,00
Materiaaltransport	m3	21,75	\$5,00	\$108,75
<b>Totaal</b>				<b>\$30.413,75</b>

*Begroting Variant 2 :Beton*

	eenheid	hoeveelheid	tarief	totaal bedrag
<b>A. Werken van Algemene Aard</b>				
Vorbereiding/ Mobilisatie				\$2.500,00
Directiekosten				\$1.000,00
Demobilisatie				\$1.000,00
<b>B. Grondverzet</b>				
Verwijdering Struikgewas	m2	4300	\$0,50	\$2.150,00
ontgraving grond	m3	1650	\$2,00	\$3.300,00
Ophoging grond oevers	m3	420	\$3,00	\$1.260,00
Grondvervoer	m3	2070	\$5,00	\$10.350,00
Aanbrengen van bodemlaag en Gras zaaien	m2	4300	\$1,00	\$4.300,00
<b>C. Kunstwerken</b>				
Constructie betonnen geul (variant 2)	m3	600	\$100,00	\$60.000,00
Extra grondontgraving voor duikers	m3	10	\$2,00	\$20,00
Gewapend Beton voor duikers				
Duiker 1	m3	3,75	\$200,00	\$750,00
Duiker 2	m3	18	\$200,00	\$3.600,00
Grond aanvulling en verdichting	m3	25	\$3,00	\$75,00
Materiaaltransport	m3	621,75	\$5,00	\$3.108,75
<b>Totaal</b>				<b>\$93.413,75</b>

*Begroting Variant 3 :Berging*

	eenheid	hoeveelheid	tarief	totaal bedrag
<b>A. Werken van Algemene Aard</b>				
Vorbereiding/ Mobilisatie				\$2.500,00
Directiekosten				\$1.000,00
Demobilisatie				\$1.000,00
<b>B. Grondverzet</b>				
Verwijdering Struikgewas	m2	4300	\$0,50	\$2.150,00
ontgraving grond				
Kanaal	m3	1650	\$2,00	\$3.300,00
Berging	m3	45000	\$2,00	\$90.000,00
Ophoging grond oevers	m3	420	\$3,00	\$1.260,00
Grondvervoer	m3	2070	\$5,00	\$10.350,00
Aanbrengen van bodemlaag en Gras zaaien	m2	4300	\$1,00	\$4.300,00
<b>C. Kunstwerken</b>				
Overlaat voor Berging (beton)	m3	2	\$100,00	\$200,00



Extra grondontgraving voor duikers	m3	10	\$2,00	\$20,00
Gewapend Beton voor duikers				
Duiker 1	m3	3,75	\$200,00	\$750,00
Duiker 2	m3	18	\$200,00	\$3.600,00
Grond aanvulling en verdichting	m3	25	\$3,00	\$75,00
Materiaaltransport	m3	23,75	\$5,00	\$118,75
<b>Totaal</b>				<b>\$120.623,75</b>

*Begroting Variant 4 :Serie Overlaten*

	Eenheid	Hoeveelheid	Tarief	Totaal Bedrag
<b>A. Werken van Algemene Aard</b>				
Vorbereiding/ Mobilisatie				\$2.500,00
Directiekosten				\$1.000,00
Demobilisatie				\$1.000,00
<b>B. Grondverzet</b>				
Verwijdering Struikgewas				
Kanaal	m2	4300	\$0,50	\$2.150,00
Bovenstroomse geul	m2	5200	\$0,50	\$2.600,00
ontgraving grond	m3	1650	\$2,00	\$3.300,00
Ophoging grond oevers	m3	420	\$3,00	\$1.260,00
Grondvervoer	m3	2070	\$5,00	\$10.350,00
Aanbrengen van bodemlaag en Gras zaaien	m2	4300	\$1,00	\$4.300,00
<b>C. Kunstwerken</b>				
4 overlaten (in gewapend beton)	m3	90	\$200,00	\$18.000,00
Beton Pijpleidingen	m	8	\$25,00	\$200,00
Gewapend Beton voor duikers				
Duiker 1	m3	3,75	\$200,00	\$750,00
Duiker 2	m3	18	\$200,00	\$3.600,00
Extra grondontgraving voor kunstwerken	m3	150	\$2,00	\$300,00
Grond aanvulling en verdichting	m3	150	\$3,00	\$450,00
Materiaaltransport	m3	111,75	\$5,00	\$558,75
<b>Totaal</b>				<b>\$52.318,75</b>

**B25 Bepaling Weegfactoren**

	a	b	c	d	e	Totaal	Weegfactor
Criteria a Veiligheid	■	1	1	1	1	4	0,33
Criteria b Integratie	0	■	0	0	1	1	0,08
Criteria c Duurzaamheid	0	1	■	1	0	2	0,17
Criteria d Aantrekkelijkheid	0	1	1	■	1	3	0,25
Criteria e Uitvoerbaarheid	0	0	1	1	■	2	0,17
						12	1

## B26 Planning

Planning Bachelor Eindproject Periode 2. A.M. Ratering Arntz			
<u>Data</u>	<u>Activiteiten</u>	<u>Afspraken</u>	<u>Weken</u>
	Keuze Onderwerp Cursus Informatievaardigheden 2 voltooien	<b>30/10</b> Startafspraken Begeleider 2: ir. Voorendt	<u>Week 0</u>
<u>3-7 nov</u>	<b>Voorstudie</b> Verkenning Gebied, Overstromingsproblemen Doelstelling Formuleren, Deelvragen Inhoudsopgave opstellen Structuur Masterplan/Startnotitie Periode Planning opstellen Zoekplan opstellen, Informatie verzamelen Literatuurlijst aanmaken in EndNote library Afspraak plannen met ir. PJ van Overloop SOBEK instructie	<b>5/11</b> Afspraak Emiel. Data overdragen, vergelijken Analyse resultaten. <b>6/11</b> Afspraak Begeleider 2: Ir. Voorendt	<u>Week 1</u>
<u>10-14 nov</u>	<b>Voorstudie</b> Gevonden literatuur (vertalen en) kritisch bestuderen Doorlopen verschillende Analyses (Dictaat CT1062 integraal ontwerpen) Masterplan/Startnotitie opstellen en inleveren. Installeren SOBEK software en instructies volgen Besprekingsverslag opstellen.	<b>10/11</b> (Afwezig) Startbijeenkomst <b>12/11 inleveren</b> <b>Startnotitie</b> <b>13/11</b> SOBEK online instructie met Emiel,Robin <b>14/11</b> (14:30-15:30) Werkplanbespreking met beide begeleiders	<u>Week 2</u>
<u>17-21 nov</u>	Afwezig. Cursus Urban Watermanagement aan ParisTech		
<u>24-28 nov</u>	<b>Conceptvorming/ Modelvorming/ Analyse</b> Conclusie analyse. Criteria opstellen Hydrologische data verzamelen en modelleren SOBEK	<b>24/11</b> SOBEK instructie ir. Van Overloop <b>26/11</b> 14:00 Bespreking Begeleider	<u>Week 3</u>
<u>1-5 dec</u>	<b>Conceptvorming/ Modelvorming/ Analyse</b> Modelleren met SOBEK Ontwerpproces doorlopen Alternatieven ontwerpen genereren Opstellen tussenrapport met resultaten tot nu toe. (Rapportagetechniek)	<b>4/12</b> 9:00 Bespreking Begeleider <b>5/12 (10:00)</b> <b>Inleveren</b> <b>tussenrapport</b>	<u>Week 4</u>
<u>8-12 dec</u>	<b>Conceptvorming/ Modelvorming/ Analyse</b> Ontwerp en Onderzoeksproces doorlopen Subsysteem Dimensioneren Alternatieven ontwerpen genereren Evaluatie alternatieven Verslag tussenbespreking opstellen Voorbeelden Bachelor Eindverslagen bekijken.	<b>8/12</b> Tussenpeiling presentaties met Beide begeleiders	<u>Week 5</u>
<u>15-19 dec</u>	<b>Uitwerking</b> Alternatieven ontwerpen uitwerken. Opstellen eindverslag.	<b>18/12</b> 14:00 Bespreking Begeleider	<u>Week 6</u>
<u>22-26 dec</u>	Kerstvakantie		

<u>29 dec- 2 jan</u>	Kerstvakantie		
<u>5-9 jan</u>	<b>Uitwerking</b> Evaluatie alternatieven Alternatieven ontwerpen verder uitwerken. Conclusies en Discussie schrijven Eindverslag verder ontwikkelen.	<b>7/1 13:00</b> Bespreking Begeleider	<u>Week 7</u>
<u>12-16 jan</u>	<b>Uitwerking</b> Eindverslag afronden Presentatie voorbereiden (Zelf)evaluatie toevoegen Beoordelen Rapport Collega student	<b>14/1 (10:00)</b> <b>Inleveren</b> <b>eindrapport</b>	<u>Week 8</u>
<u>19-23 jan</u>	<b>Uitwerking</b> Presentatie	<b>19/1</b> Eindpresentaties	<u>Week 9</u>

## **B27 (Zelf)evaluatie Bachelor Eindproject**

Het afgelopen kwartaal is ontzettend snel voorbij gegaan. 8 weken is een korte periode voor de uitwerking van een project waarmee de behaalde resultaten tevreden stellen. Ik begon erg enthousiast met de analysefase van het project. Door de grote tijdsdruk van het BEP proces moest ik deze fase al snel afronden; te snel naar mijn mening. Ik begon te begrijpen wat mijn grote les uit dit project zou worden; 'Niet te lang stil staan bij het zoeken van data, maak een aanname voor een parameter en ga verder met het proces.' Tegen het einde van het project dwaalde ik minder af, zocht ik gerichter, en kon ik sneller beslissingen maken over de richting van het project. Ik vind het nog steeds wel jammer dat veel van mijn parameters geschat zijn, waardoor de ontworpen maatregelen eigenlijk fictief zijn. Ik begrijp ook dat veel medestudenten hier mee te maken krijgen in hun BEP. Daarom heb ik veel suggesties en opmerkingen opgenomen in mijn rapport om aan te geven welke data beter moet worden uitgezocht in een volgende fase van het project.

Een andere les die ik uit het project heb getrokken, is dat het verzamelen van bruikbare data van een plek op afstand een moeilijke aangelegenheid is. Daarentegen heb ik wel goede begeleiding mogen ontvangen van mijn begeleiders, ir Verhagen en ir. Voorendt, op de universiteit in Delft. In deze evaluatie zijn twee besprekingsverslagen opgenomen die tijdens de periode zijn opgesteld. Tevens heb ik de mogelijkheid gekregen om te leren werken met het programma SOBEK onder begeleiding van ir. Peter Jules van Overloop. Het was soms frustrerend om te leren werken met een nieuw computerprogramma als SOBEK. De sessies met ir. van Overloop waren altijd behulpzaam en inspirerend. De vaardigheden die ik zo heb opgedaan in het modelleren met SOBEK kan ik goed gebruiken in mijn vervolgstudie watermanagement.

Ik heb het als erg leuk ervaren om te kunnen werken aan de totale uitwerking van een afwateringssysteem, van regenval tot afstroming. Door het bestuderen van literatuur over afvoermodellering, hydrologie en hydraulica heb ik veel kennis opgedaan over verschillende strategieën die worden toegepast in de praktijk. Het was uitdagend om uit te zoeken welke technieken ik het beste voor mijn project zou kunnen toepassen. Bij het

maken van keuzes miste ik wel de nodige discussie met medestudenten. Met een groep studenten kan een weloverwogen keuze uit discussies komen. Voortdurend moest ik nu zelf allerlei argumenten afwegen om een keuze te onderbouwen. Ook de planning van het project doet in de beginfase een groot beroep op je cognitieve vaardigheden. Met nog weinig overzicht van het einddoel of richting van het project, moet er toch dagelijks een planning worden gemaakt van activiteiten. Langzamerhand krijg het project meer richting en word het maken van een planning makkelijker.

*Werkplanbespreking, 14-11-14, 14:30*

Beide begeleiders waren erg tevreden over het opgestelde masterplan. Het is een volledig rapport met een uitgebreide overstromingsanalyse. De opmerkingen betroffen voornamelijk verkeerd woordgebruik en spelling. Daarnaast werd er geadviseerd om in de inleiding een hoofdstukje ontwerpmethodologie toe te voegen. Daarnaast zijn punten die als eisen die in het rapport zijn beschreven, eigenlijk criteria. Er moet een meer gekwantificeerd eisenpakket komen. De opdrachtgever heeft gekozen voor het uitwerken van concept Transport. Dit concept moet geoptimaliseerd worden op duurzaamheid en aantrekkelijkheid. Denk aan het integreren van groene elementen uit andere systeemconcepten. De literatuur lijst moet worden verbeterd. Engelse of Bulgaarse verwijzingen moeten worden vervangen door Nederlandse begrippen. Er moet een duidelijke aanpak komen voor het vervolg ontwerp. Wat ga ik de komende tijd uitwerken? De ontwerpcyclus wordt nu voor een tweede keer doorlopen op subsysteem niveau. Bekend worden met het model SOBEK is de volgende stap in het modellering proces.

*Tussenpresentatie 8-12-14, 12:00*

Mijn presentatie werd als helder en interessant gezien. De probleemstelling kwam goed naar voren. Ook de beeldvorming hierbij was goed. Een opmerking van mijn medestudent Pim van der Zee over het kwantificeren van mijn eisen, zodat de toetsing bij het ontwikkelde ontwerp gemakkelijk is, was erg terecht. Bij het lezen van zijn verslag viel me op hoe netjes hij een lijstje heeft gemaakt van de eisen, randvoorwaarden, wensen en aannames. Op de vraag naar maatgevende regenbelasting van het ontwerp kon ik niet met een cijfer van waterhoeveelheid/tijdseenheid antwoorden. Dit moet zo snel mogelijk worden geformuleerd. Bij het presenteren van het transport concept vroegen de aanwezigen zich af of er wel vraag is naar een fietsverbinding in de wijk. Wordt dit concept uiteindelijk gepresenteerd aan de opdrachtgever dan moet hier een nog overwogen, positief argument voor kunnen worden gegeven. Tevens werd er gevraagd naar de inpassing van het afwateringssysteem, in hoeverre zal er rekening worden gehouden met de bestaande gipsy bevolking? Het argument dat dit probleem teveel is om binnen de scope van dit bachelor eindwerk goed te adresseren werd begrepen. Het rapport was verder goed geschreven en leest duidelijk. Bij het totaalrapport zullen er meer delen naar de bijlagen moeten worden verplaatst.

## 8. Literatuurlijst

- [1] Ridder, H. A. J., Soons, F.A.M. (Augustus 2011). *Dictaat CT1062 Inleiding Intergraal Ontwerpen*. Technische Universiteit Delft.
- [2] Developing a Climate Adaptation Territorial Strategy for the Municipality of Varna (Bulgaria) (2010). F:ACTS Pilot Project. Beschikbaar via: <http://www.factsproject.eu/SiteCollectionDocuments/Pilot%20projects/Description%20Pilot%20VARNA.pdf>
- [3] Wikipedia, "Varna". Datum geraadplaatst: 6 november 2014. Beschikbaar via: <http://en.wikipedia.org/wiki/Varna>
- [4] Gemeente Varna (18 september 2013). *Municipal Development plan Varna Municipality 2014 -2020*. No1124 - 9 van Protocol No23.
- [5] Nationaal Instituut voor Meteorologie en Hydrologie (NIHM) (2014). *Hydrologische studie van de overstromingen in de wijk Asparuhovo, Varna op 2014/06/19*. Beschikbaar via: [http://varna.meteo.bg/hydrology\\_asparuhovo\\_ALL.pdf](http://varna.meteo.bg/hydrology_asparuhovo_ALL.pdf).
- [6] Wikimapia, "Asparukhovo". Datum raadpleging: 11 nov 2014, Beschikbaar via: <http://www.wikimapia.org>
- [7] Tsvetkov, S. (25 April 2011). *The Invisible Ghetto – Varna's Maksuda Neighborhood*. Bulgarian Helsinki Committee. Beschikbaar via: <http://www.bghelsinki.org/bg/publications/obektiv/spas-tsvetkov/2011-08/invisible-ghetto-varnas-maksuda-neighborhood/>
- [8] Goolrick, A. (2014). *Bulgaria Flooding Kills At Least 12*. Weather.com. Beschikbaar via: <http://www.weather.com/news/bulgaria-flooding-20140620>
- [9] Spassov, S. (21 juni 2014). *De ernstige gevolgen van een "perfecte" prognose voor Varna*. Dnevnik. Beschikbaar via: [http://www.dnevnik.bg/bulgaria/2014/06/20/2327962\\_ujasnite\\_posledici\\_na\\_edna\\_perfektna\\_proгноza\\_za\\_varna/](http://www.dnevnik.bg/bulgaria/2014/06/20/2327962_ujasnite_posledici_na_edna_perfektna_proгноza_za_varna/)
- [10] The European Environment Agency (EEA) (2010). *Corine Land Cover 2006 raster data*. 5<sup>de</sup> editie. Beschikbaar via: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/corine-land-cover-2006-raster>
- [11] Stoynova, D. (2 juli 2014). До 20 дни ще бъдат готови пробите за свлачищните процеси в кв. "Аспарухово". Beschikbaar via: <http://bnr.bg/post/100429281/v-asparuhovo-nama-registrirani-sluchai-na-hepatit-a>
- [12] Bodemclassificatie Bulgarije (1986). ISM-Wageningen. Kaart BUL.1.2.a. 1:400,000

- [13] Topchiev, C. (2014). *Recept voor tragedie? Overstromingen Asparuhovo* [Powerpoint presentatie].
- [14] Alexandrova, K. (22 juni 2014). *Portnih: 300 ongedocumenteerde gebouwen werden gebouwd in "Asparuhovo"*. standartnews.com. Beschikbaar via: [http://www.standartnews.com/balgariya-politika/portnih\\_300\\_sgradi\\_bez\\_dokumenti\\_sa\\_stroeni\\_v\\_asparuhovo-243110.html?unmobile=1](http://www.standartnews.com/balgariya-politika/portnih_300_sgradi_bez_dokumenti_sa_stroeni_v_asparuhovo-243110.html?unmobile=1)
- [15] Most of the Asparuhovo flood victims lived in illegal houses (27 Juni 2014). Novinite.com, Sofia News Agency. Beschikbaar via: <http://www.novinite.com/articles/161649/Most+Of+the+Asparuhovo+Flood+Victims+Lived+in+Illegal+Houses>
- [16] Savenije, H. (Februari 2011). *Dictaat CT2310 Hydrologie 1*. Technische Universiteit Delft
- [17] Deltares (8 April 2013). *SOBEK Hydrodynamics, Rainfall Runoff and Real Time Control User Manual Version 1.00.27425*. Beschikbaar via: [www.deltares.com](http://www.deltares.com)
- [18] Butler, D., Davies J.W. (2011). *Urban Drainage*. 3<sup>de</sup> Editie. Spon Press.
- [19] United States Department of Agriculture (USDA) (May 2010). *Time of Concentration Chapter 15* National Engineering Handbook 210-VI-NEH. Beschikbaar via: <http://directives.sc.egov.usda.gov/OpenNonWebContent.aspx?content=27002.wba>
- [20] United States Department of Agriculture (USDA) (May 2010). *Hydrologic Soil-Cover Complexes Chapter 9*. National Engineering Handbook 210-VI-NEH. Beschikbaar via: <http://directives.sc.egov.usda.gov/OpenNonWebContent.aspx?content=27002.wba>
- [21] Ankum, P. (Oktober 2002). *Course CT3410 Design of Open-Channels and hydraulic structures*. Technische Universiteit Delft
- [22] Overstromingen in Varna - Asparuhovo Quarter 2014 Fotos (20 Juni 2014). Ropotamo Nieuws. Beschikbaar via: <http://nedvizhimost-v-bolgarii.ru/news/345/navodnenie-v-varne-2014-asparuhovo/>
- [23] Stamov, V. (2013). *Bulgaria – Major Infrastructure Projects in 2014-2020*. Seenews Research on Demand. Datum Raadpleging 12 nov 2014. Beschikbaar via: <http://research.seenews.com/bulgaria-major-infrastructure-projects-2014-2020/>
- [24] Han, J. (2014). *Clearing the Bulgaring floods*. FT Photo Diary.