

## MEMO

Proces: Beheer watersysteem

---

[REDACTED]  
[REDACTED]  
Datum : 7-4-2023  
Betreft : Water conserverende maatregelen in de Keunensloop  
[REDACTED] [REDACTED]

### 1. Aanleiding

Vanuit beheer zijn mogelijkheden gezien om meer water te conserveren door middel van het aanbrengen van gronddammen en een knijpende constructie in de Keunensloop. De ligging van de Keunensloop waar de beoogde maatregelen worden genomen wordt in figuur 1 weergegeven.

De Keunensloop werkt voor het grootste gedeelte van het jaar drainerend. Daarnaast is bekend dat de Keunensloop in de zomer het grootste gedeelte van het jaar droog staat.

In het beoogde stuk van de Keunensloop zijn reeds stuwen en een duiker aanwezig, zie figuur 1. Om meer water vast te houden is circa twee jaar geleden een roterende stuw in de duiker KS50-KDU-1 geplaatst. Vanwege het grote verhang is de stuwende werking van de stuwen en de duiker echter beperkt. Hierdoor bestaat de wens om meer maatregelen te nemen zodat meer water wordt vastgehouden.

Beheer ziet hier kansen voor extra waterconservering door middel van het aanbrengen van een knijpende constructie en gronddammen. De knijpende constructie wil beheer bovenstrooms van de duiker plaatsen, op de hoek van het landbouwperceel plaatsen, tussen KS50-st4 en de duiker. De gronddammen worden benedenstrooms van de duiker, tussen de duiker en stuw KS50-st5 (zie voor de beoogde locaties ook figuur 5).

Deze memo beschrijft de mogelijkheden en de hydrologisch effecten van de knijpende constructie en de gronddammen en in de Keunensloop.



*Figuur 1 Situering watergang Keunensloop (KS50). Ter plaatse van de duiker KS50-KDU-1 is een roterende stuw geplaatst. De blauwe peilen geven de stromingsrichting weer*

## 2. Achtergrond en omgeving

### Landgebruik

In de omgeving is voornamelijk bos en landbouw aanwezig. Nabij stuw KS50-st4 en de duiker is voornamelijk landbouw aanwezig. In deze memo zijn we vooral geïnteresseerd in het perceel direct naar de Keunensloop, perceel 2404 (zie figuur 2).

Benedenstrooms van de duiker loopt de Keunensloop door een bosperceel.

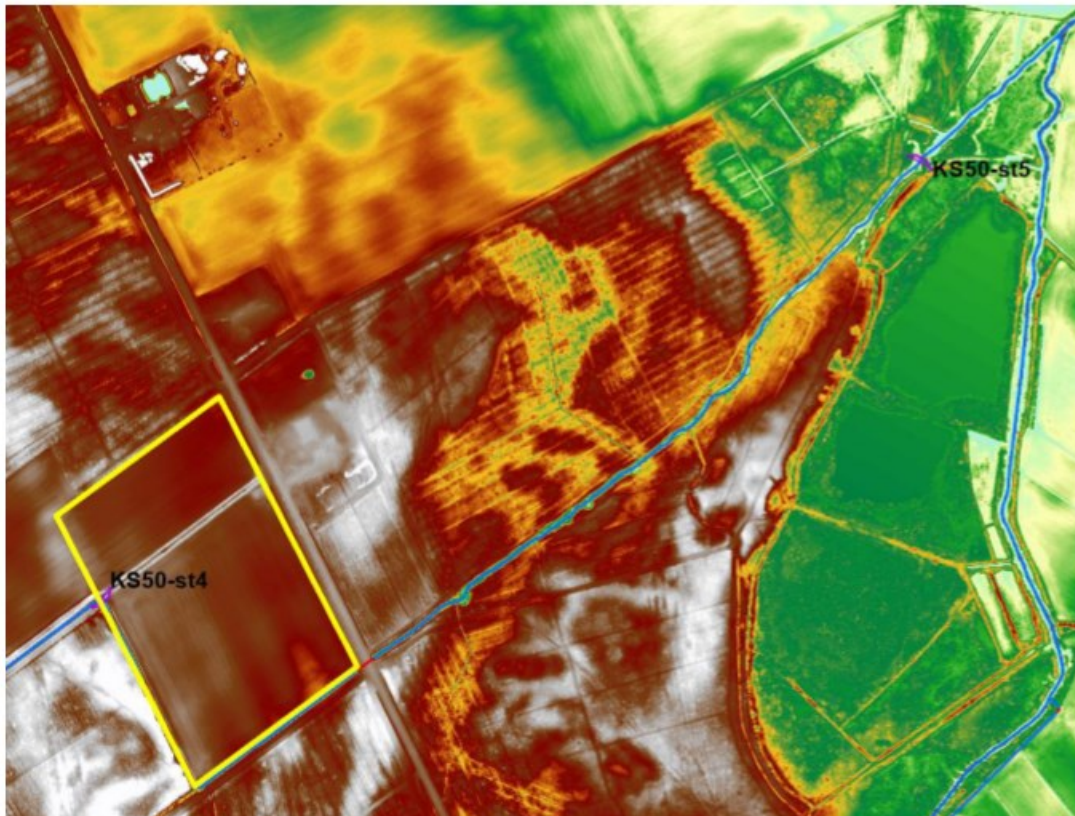
### Norm

Aangezien perceel 2404 een landbouwperceel is, geldt de norm 1/25. Dit betekent dat bij een afvoergolf van T25, geen inundatie mag plaatsvinden op het perceel. Benedenstrooms van de duiker, tot aan de stuw KS50-st5, is bos aanwezig. Dit is een normloos gebied.

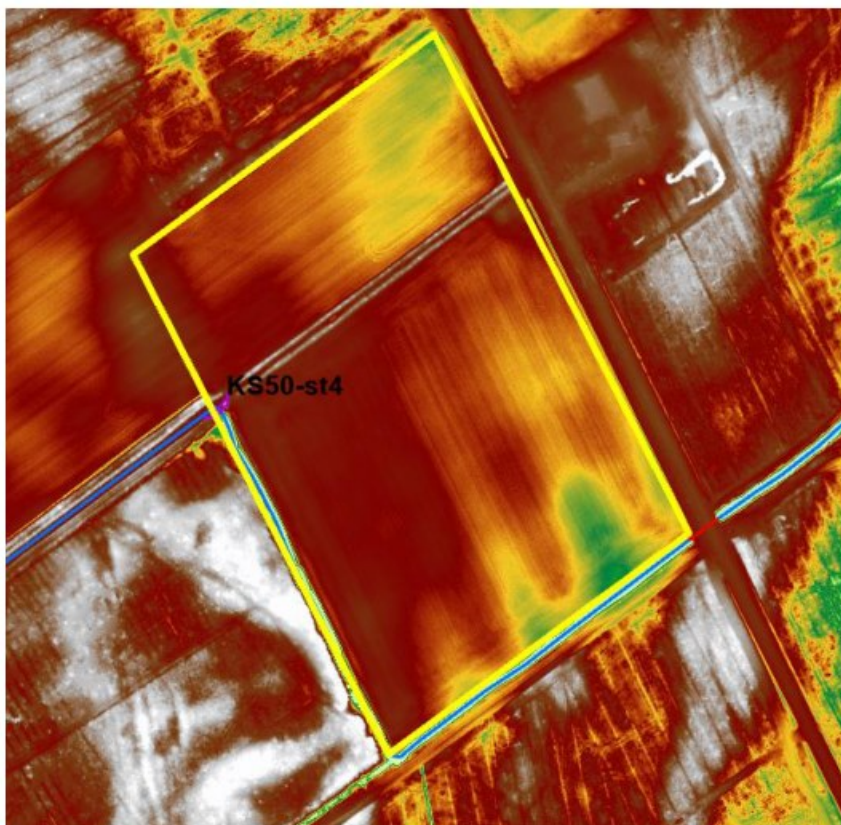
### Maaiveldhoogte

De Keunensloop vertoont een sterk verhang. Daarnaast zijn benedenstrooms van de duiker verschillende kommen in de beek aanwezig. Deze kommen zijn ook zichtbaar op de AHN4, zie figuur 2.

Het landbouwperceel 2404 heeft een variërend maaiveldhoogte van circa 32,7 tot circa 33,7 m NAP. Het laagste punt van het perceel is circa 32,7 m NAP en bevindt zich op de perceelgrens vlakbij de duiker, zie figuur 3.



*Figuur 2 Hoogteligging van het maaiveld, met in geel de ligging van het perceel 2404. Bron: AHN4*



*Figuur 3 Hoogteligging met in geel de ligging van het perceel 2404. Bron: AHN4*

## MEMO

### Duiker KS50-KDU-1 met roterende stuw

Circa 2 jaar geleden is een roterende stuw in de duiker KS50-KDU-1. Duiker KS50-KDU-1 heeft een doorsnede van 1250 mm. De roterende stuw heeft een hoogte van circa 1 m. Hierdoor blijft een hoogte van circa 0,25 m open.

De roterende stuw kan verwijderd worden met hoog water. Echter, sinds de roterende stuw is geplaatst, was het niet noodzakelijk om de roterende stuw weg te halen.

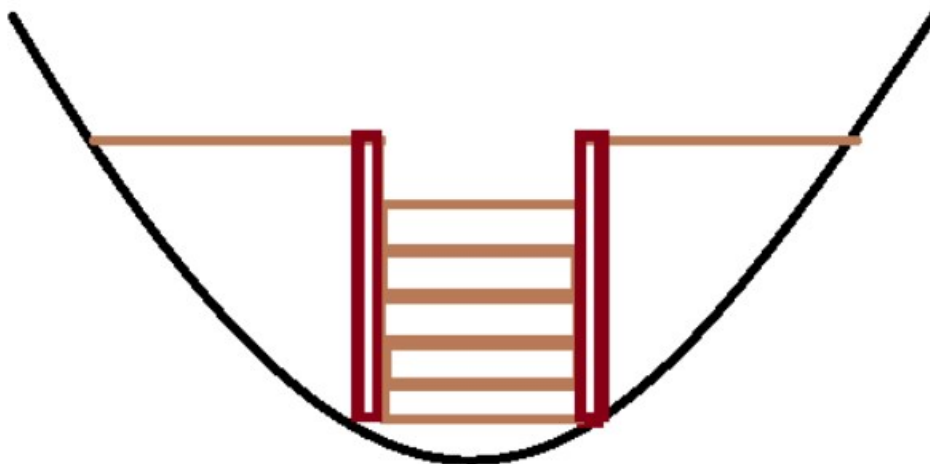
Om de hydrologische effecten van de knijpende constructie en de gronddammen te bepalen, wordt uitgegaan dat de roterende stuw aanwezig is en niet wordt verwijderd. Hiervoor wordt een nieuwe referentiesituatie bepaald; een situatie met een roterende stuw.

### Knijpende constructie

Vanwege het grote verhang van de Keunensloop, is de wens van beheer om een knijpende constructie te plaatsen, op de hoek van het landbouwperceel, tussen KS50-st4 en de duiker. Figuur 5 geeft een indicatie van de ligging van de constructie.

Aangezien hier een landbouwperceel aanwezig is, is de wens van beheer om hier een knijpende constructie te plaatsen waarmee ze beperkt kunnen sturen in plaats van een gronddam, waar niet gestuurd mee kan worden. Figuur 4 geeft een indicatief ontwerp weer van de beoogde knijpende constructie.

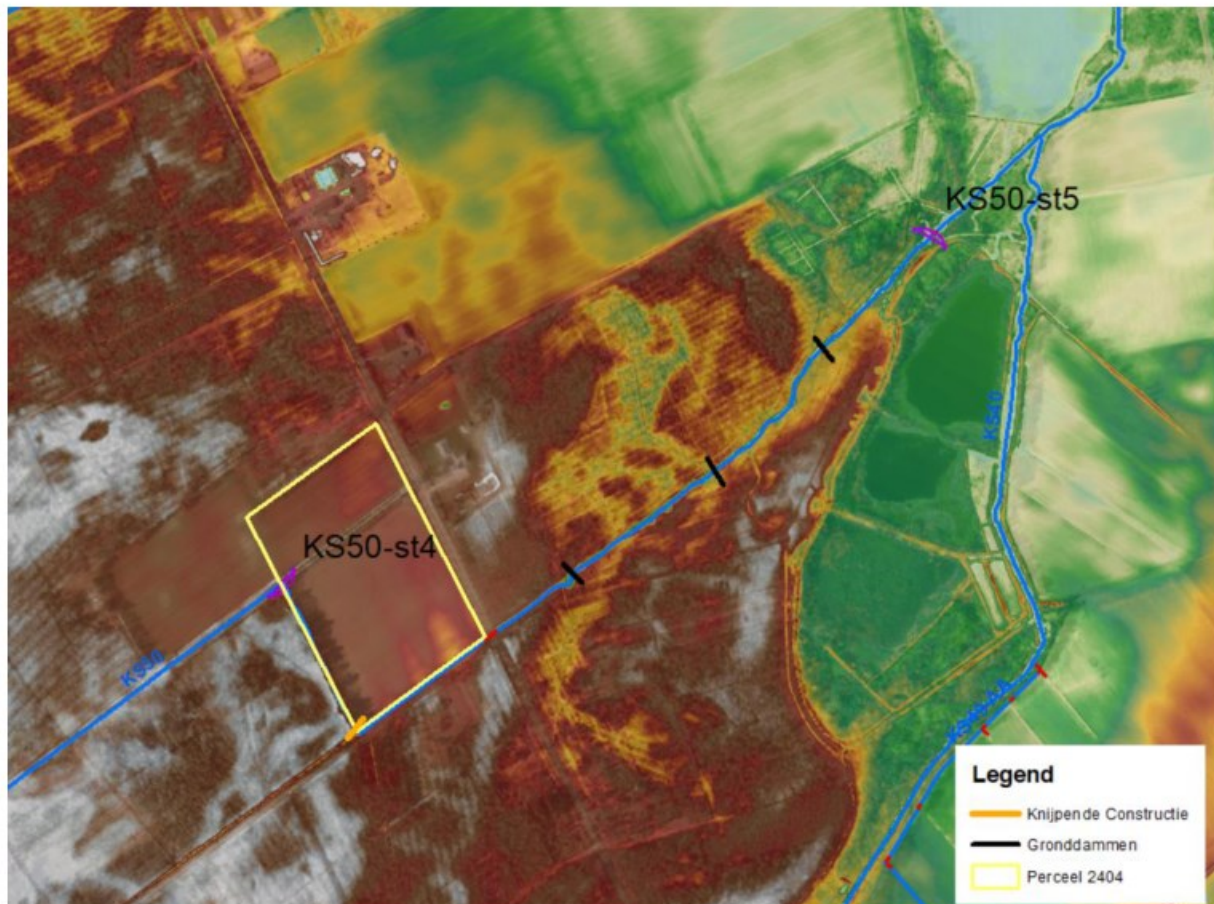
De beoogde constructie zal bestaan uit een schotbalkstuw. De randen van de schotbalkstuw worden echter niet gelijk gesteld aan het omliggende maaiveld. De randen van de constructie worden lager zodat het water over de constructie heen kan stromen zonder dat het maaiveld onderstroomt. In het midden van de constructie kunnen schotbalken worden geplaatst. In de winter kunnen schotten worden geplaatst om zoveel mogelijk water te bergen. Indien nodig kunnen de schotten worden verwijderd om een gewenste grondwaterstand op het perceel te bereiken.



*Figuur 4 Voorbeeld van de beoogde knijpende constructie. De hoogte van de zijkanten zijn lager dan het maaiveld. In het midden kunnen schotbalken worden geplaatst, waarmee extra water gestuwd kan worden en/of worden doorgelaten*

## Gronddammen

Om meer water te conserveren wil beheer gronddammen plaatsen tussen stuw KS50-st5 en de duiker. Figuur 5 geeft een suggestie voor de situering van de gronddammen. De situering van de gronddammen is voornamelijk bepaald op basis van de ligging van de kommen in de Keunensloop. De gronddam heeft een groter effect wanneer deze net na een kom wordt geplaatst (meer infiltratieoppervlak).



Figuur 5 In zwart de locatie van de gronddammen, in oranje de locatie van de knijpende constructie en in geel de locatie van perceel 2404

## 3. Werkwijze

Om de hydrologische effecten van de constructies te bepalen zijn indicatieve berekeningen uitgevoerd met een SOBEK<sup>1</sup> model gebruikt van de Keersop.

In 2022/2023 zijn op verschillende locaties dwarsprofielen van de Keunensloop opnieuw ingemeten. De nieuwe dwarsprofielen zijn vergeleken met de oude dwarsprofielen in de Keunensloop. Hieruit blijkt dat de verschillen minimaal zijn. Hierdoor is besloten om het model niet aan te passen aan de nieuwe dwarsprofielen.

<sup>1</sup> SOBEK model KeerD04 (dynamisch) en KeerS02 (stationair)

## MEMO

De roterende stuw, knijpende constructie en de gronddammen zijn toegevoegd in het SOBEK model. Hiermee is een nieuwe referentie situatie bepaald (situatie met roterende stuw) en zijn ten opzichte hiervan de hydrologische effecten van de beoogde constructies bepaald.

Om de roterende stuw (aanwezig in de duiker) zo goed mogelijk te modelleren is ter plekke van de duiker gekozen voor een extra stuw ('general structure'). De gekozen constructie in het model is een stuw met een vierkante opening. Een boogopening is niet mogelijk binnen Sobek en daarom is de hoogte van de onderkant van de opening ingesteld op 1,1 m ten opzichte van de onderkant van de duiker. De hoogte is namelijk hoger dan de werkelijke hoogte van de roterende stuw. Dit is gedaan om te compenseren voor de vierkante opening in het model. In werkelijkheid zorgt de roterende stuw voor een boogopening. Door de hoogte van de opening in het model te verhogen, wordt gecompenseerd voor de boogopening.

Aangezien perceel 2404 wordt gebruikt als landbouwgrond, worden de effecten doorgerekend bij een T25 afvoergolf, een stationaire winter- en zomerperiode. De extra constructies mogen niet leiden tot extra wateroverlast bij een T25.

Om de hydrologische effecten van de knijpende constructie te bepalen, is een extra stuw geplaatst in het SOBEK model in de hoek, zoals aangegeven in figuur 5. De knijpende constructie is gemodelleerd als een 'universal weir' met een stuwhoogte die over het hele dwarsprofiel gelijk is. In de praktijk zou dit betekenen dat alle balkschotten in de stuw zijn geplaatst, waardoor de opening is gedicht. Op deze manier wordt in de indicatieve berekeningen rekening gehouden een worst-case scenario. De hoogte van 33,10 m NAP is aangehouden, dit is circa 1,3 m ten opzichte van de bodemhoogte.

In het model zijn ook drie gronddammen gemodelleerd. De ligging van de gronddammen in het model zijn gelijk als in figuur 5. De hoogte van de gronddammen zijn bepaald aan de hand van het gewenste waterverhang tussen de duiker en de stuw. De gronddammen hebben een hoogte van 0,8 m in het model.

## 4. Resultaten

De SOBEK berekeningen zijn uitgevoerd voor een stationaire winter- en zomer periode en een T25-afvoergolf. In de referentiesituatie is ten opzichte van het originele model de roterende stuw toegevoegd. Voor de berekeningen van de extra water conserverende maatregelen zijn in totaal vier stuwen geplaatst welke de knijpende constructie en drie gronddammen moeten voorstellen.

### Hydrologische effecten

Figuur 6 t/m 7 geven de berekende waterpeilen voor een stationaire winter- en zomerperiode. In beide figuren is ook de referentie situatie geplot (huidige situatie).

Uit figuur 6 en 7 blijkt dat de constructies zorgen voor meer opstuwing in de Keunensloop. Doordat meer water wordt vastgehouden, wordt de drainerende werking van de Keunensloop verminderd en kan het water mogelijk infiltreren in bepaalde periodes.

## MEMO

Vanwege het grote verhang in de beek is het effect van de water conserverende maatregel slechts merkbaar over een korte afstand.

Het verschil tussen de stationaire winter- en zomersituatie is minimaal. In werkelijkheid staat de Keunensloop een groot deel van de zomer droog vanwege de beperkte aanvoer. Dit wordt niet terug gezien in het model. Het model gaat uit van een constante aanvoer.

De knijpende constructie op de hoek van het perceel zorgt voor hogere waterstanden langs het perceel. De maximale waterstand in een stationaire winterperiode is hier circa 33,09 m NAP. Uit de dwarsdoorsnedes blijkt dat het waterpeil niet het maaiveld bereikt. Ter controle is met AHN4 het laagste punt van de oever bepaald, bovenstrooms van de knijpende constructie. Hieruit blijkt dat het laagste punt van de oever langs dit gedeelte van de Keunensloop circa 33,5 m NAP is. Dit betekent dat een knijpende constructie met een maximale hoogte van 33,10 m NAP niet leidt tot inundatie op het perceel. De drooglegging is minimaal 50 cm. Indien dit niet voldoende drooglegging is, kunnen schotbalken worden verwijderd in het veld, waardoor meer water kan doorstromen.

In figuur 7 zijn de berekende waterpeilen weergegeven voor een T25-afvoergolf. In figuur 8 is de inundatie weergegeven bij een T25-afvoergolf waarbij ook de beoogde constructies zijn gemodelleerd. Uit figuur 7 en 8 blijkt dat de constructies niet tot inundatie leiden op het landbouwperceel of in de bossen. De maximale waterstand bovenstrooms de knijpende constructie, in de hoek van het perceel, is met een T25-afvoergolf 33,22 m NAP. Dit betekent dat de waterstanden minimaal 28 cm lager staan dan het laagste punt van de oever.

### Mogelijkheden water conserverende constructies

De constructies zoals beschreven en gemodelleerd in deze memo leiden niet tot inundatie. Uit de figuren 6 t/m 8 blijkt dat de effecten van de constructies beperkt is vanwege het grote verhang. Door het grote verhang inundeert het gebied ook niet snel. Hierdoor wordt de Keunensloop beschikt geacht om extra water conserverende maatregelen te nemen.

In deze memo is gerekend met drie gronddammen. Aangezien de effect van de gronddammen beperkt zijn, wordt geen extra wateroverlast verwacht wanneer meerdere gronddammen in de Keunensloop worden aangebracht.

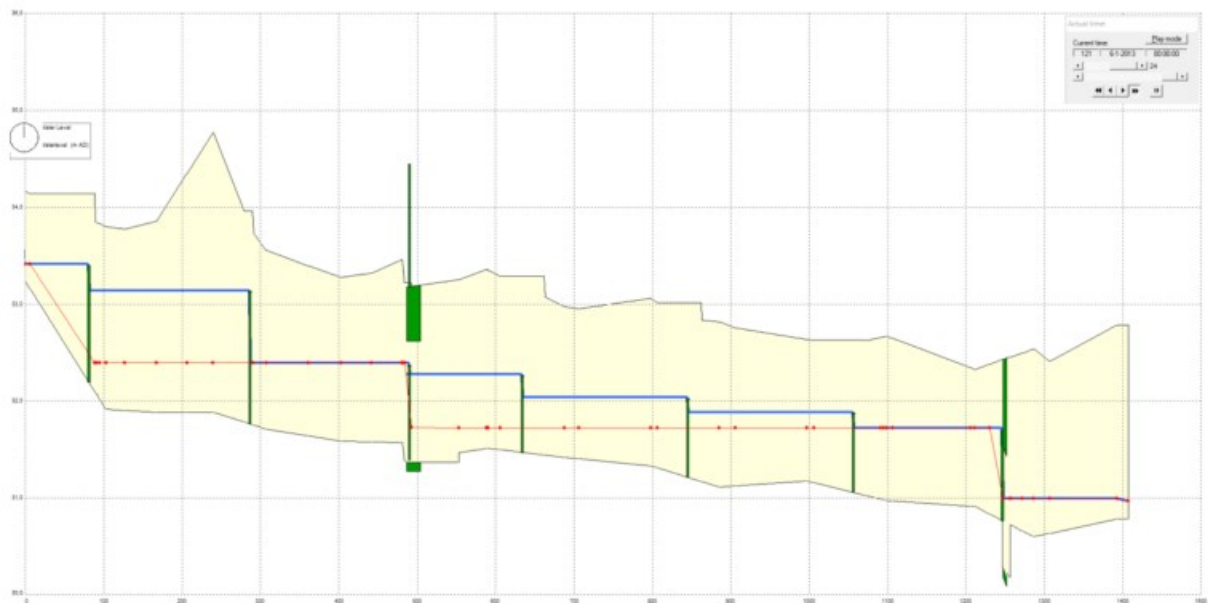
De hoogtes van de gronddammen zijn relatief hoog vanwege het grote verhang. Indien de gronddammen worden verlaagd is het opstuwend effect van de gronddam minder. Om opstuwung langs het landbouwperceel te beperken, wordt geadviseerd om de gronddammen niet hoger te maken dan de hoogte van de roterende stuw.

In deze memo is een hoogte van circa 1,3 m ten opzichte van de bodemhoogte aangehouden voor de knijpende constructie (circa 33,10 m NAP). De drooglegging kan worden verhoogd door een lagere constructie te plaatsen of eventueel schotbalken weg te halen.

De water conserverende constructies zorgen voor een hogere grondwaterstand in de directe omgeving. In deze memo zijn de effecten van een hogere grondwaterstand op de omgeving niet onderzocht.



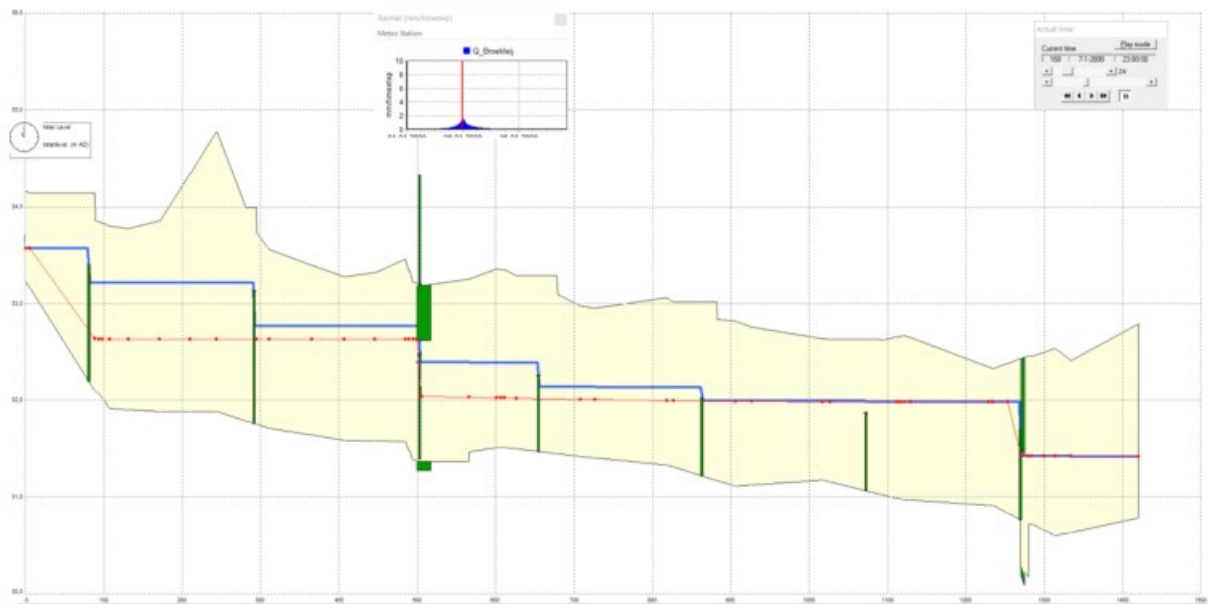
*Figuur 6 In blauw het waterpeil met een stationaire winterafvoer met gronddammen en de knijpende constructie. In rood het waterpeil met een stationaire winterafvoer van de referentie situatie*



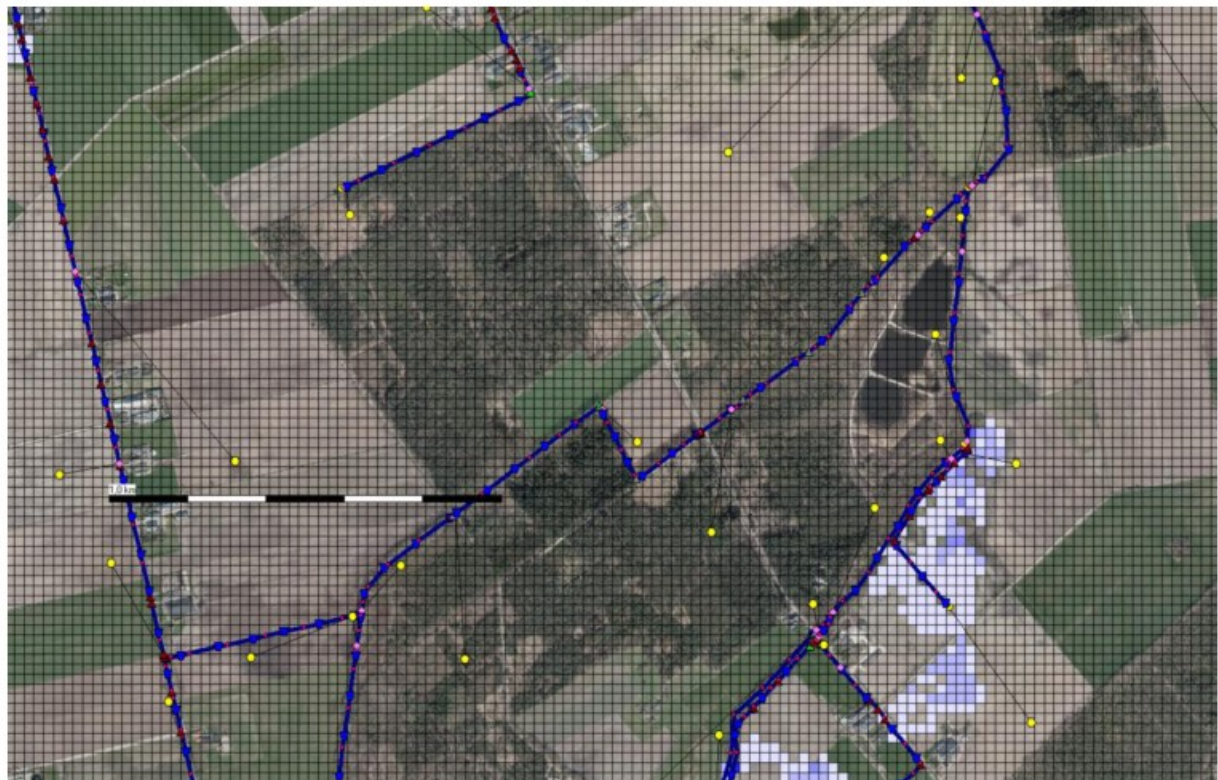
*Figuur 7 In blauw het waterpeil met een stationaire zomerafvoer met gronddammen en de knijpende constructie. In rood het waterpeil met een stationaire zomerafvoer van de referentie situatie*



MEMO



*Figuur 8 In blauw het waterpeil met een T25-afvoergolf met gronddammen en de knijpende constructie. In rood het waterspeil met een T25-afvoergolf van de referentie situatie*



*Figuur 9 Inundatie bij een T25-afvoergolf. Er vindt geen inundatie plaats bij de Keunensloop waar de water conserverende maatregelen worden genomen*

## MEMO

### 5. Conclusie

Vanuit beheer is de vraag gekomen wat de mogelijkheden zijn voor het aanbrengen van gronddammen en knijpende constructies in de Keunensloop en de hydrologische effecten hiervan. Een belangrijke uitgangspunt is dat de constructies niet tot inundatie mag leiden bij een T25-afvoer.

Op basis van de indicatieve berekeningen is gekeken wat de hydrologische effecten zijn van het plaatsen van watervasthoudende constructies in de Keunensloop.

De conclusies, adviezen en aandachtspunten zijn hieronder kort beschreven:

- Uit de resultaten blijkt dat meer water wordt vastgehouden in de Keunensloop met de beoogde constructies.
- De beoogde constructies (zoals ze nu doorberekend zijn) leiden niet tot inundaties bij een T25-afvoergolf
- Uit de resultaten blijkt ook dat het effect van een constructie op enige afstand relatief weinig is vanwege het grote verhang. Het opstuwende effect op afstand is beperkt. Hierdoor leiden de constructies niet snel tot extra inundatie.
- Om zoveel mogelijk water vast te houden dienen de gronddammen relatief hoog te zijn. In de berekeningen is uitgegaan van een hoogte van 80 cm voor elke gronddam. Indien de gronddammen lager zijn wordt minder water vastgehouden. Er wordt geadviseerd om de gronddammen niet hoger te maken dan de hoogte van de roterende stuw.
- De exacte locaties en het aantal gronddammen kunnen worden afgestemd in het veld. Geadviseerd wordt om de gronddammen net na een kom te leggen.
- De constructies zorgen voor een hogere grondwaterstand in de omliggende percelen. In deze memo is de effect op de grondwaterstand niet onderzocht.
- Grondwaterstanden stijgen op het perceel door de knijpende constructie. Door een schotbalkstuw te plaatsen, kan de waterstand en daarmee ook de grondwaterstand worden gestuurd op het perceel. Het plaatsen van dergelijk infrastructuur is relatief duur. Daarbij is het traject waarover het effect zich zal manifesteren kort. In deze memo is geen kosten-baten analyse meegenomen.
- Naar verwachting kunnen gronddammen eroderen in het veld. Hier dient rekening mee gehouden te worden.