

PEILVERLOOP IN BEGROEIDE WATERGANGEN

2017

43



stowa

HANDLEIDING SPREADSHEET TOOL
VOOR HET REKENEN MET HET MODEL VAN PITLO EN GRIFFIOEN

PEILVERLOOP IN BEGROEIDE WATERGANGEN



2017

43

INHOUDSOPGAVE

	Ten geleide	4
H1	INLEIDING	6
H2	INVOER	8
H3	UITVOER	18
H4	BIJLAGE I	22
	Korte beschrijving van de afleiding, uitgangspunten en eigenschappen van het model	
	STOWA in het kort	30
	Colofon	32

TEN GELEIDE

Waterschappen kunnen met dit instrument de gevolgen van begroeiing in waterlopen en de effecten van onderhoudsmaatregelen op het peilverloop berekenen. Dit verkleint de kans op wateroverlast en maakt een risicogestuurd beheer mogelijk.

Waterschappen willen het maaibeheer van hun watergangen graag extensiveren. Dit sluit beter aan bij de natuurlijke morfologie en kwaliteiten ervan en kan verdroging tegengaan. Maar minder maaien vermindert mogelijk de doorstroming. Grondgebruikers langs watergangen vrezen dat extensivering leidt tot een grotere kans op wateroverlast bij extreme neerslag. Een lastig dilemma voor waterbeheerders.

Chris Griffioen heeft samen met Remmert Pitlo al in de jaren 80 en 90 van de vorige eeuw reeds intensieve en nauwkeurige metingen verricht in begroeide waterlopen om inzicht te krijgen in effect van plantengroei op het peilverloop (Pitlo en Griffioen, 1991). Op basis van deze metingen is een model afgeleid voor het berekenen van het peilverloop in watergangen.

Dit model is nu gegoten in een spreadsheet. Hiermee kunnen gebruikers het peilverloop in een watergang berekenen op grond van de afmetingen van de waterloop, het debiet, het (stuw) peil aan de benedenstroomse zijde en het soort en de mate van begroeiing op verschillende plaatsen in de waterloop. Met het spreadsheet kunnen waterbeheerders ook de effecten berekenen van een aantal onderhoudsingrepen, zoals het maaien van stroombanen en het eenzijdig maaien van de watergang.

Op 15 november 2016 werd in Brummen de STOWA kennisdag 'Planten in de stroom, kansen voor weerstand' gehouden. Tijdens deze dag gaf een aantal waterschappen te kennen het instrument graag te willen gebruiken en te toetsen aan de praktijk. Dit heeft geleid tot een verbeterde en gebruiksvriendelijke versie van het spreadsheet, versie 2.0. Ook is een korte handleiding geschreven voor het gebruik ervan.

Met dit praktische instrument kan het peilverloop bij verschillende onderhoudsingrepen voorspeld worden. Dat kan een belangrijk hulpmiddel zijn bij meer risicogestuurd maaibeheer. Ook kan het succesvol worden ingezet voor het ontwerp van watergangen met al dan niet meestromende bergingen waar begroeiing is toegestaan. Op deze wijze kunnen waterbeheerders goed gefundeerde afwegingen maken bij het ontwerpen, beheren en onderhouden van hun watergangen. De komende jaren kan het instrument nog verder verbeterd worden op basis van de in het veld uitgevoerde metingen en opgedane ervaringen.

Tot slot: met dit verbeterde en geactualiseerde instrument neemt **Chris Griffioen** ➤ van Waterschap Drents Overijsselse Delta afscheid van zijn jarenlange carrière in het waterbeheer. Hij heeft zich in zijn loopbaan nadrukkelijk ingezet voor het werk van STOWA. Ik bedank hem daarvoor van harte! Chris blijft zijn kennis en ervaring de komende jaren graag inzetten ten behoeve van de verdere ontwikkeling van het instrument.



JOOST BUNTSMA,
Directeur STOWA



H1 INLEIDING

Om het peilverloop (de stuwkromme) in een waterloop te berekenen volgens het model van Pitlo en Griffioen (lit. 1) is een spreadsheettool gemaakt. Met deze tool kan het peilverloop in de waterloop berekend worden op grond van de afmetingen van de waterloop, het debiet, het (stuw)peil aan de benedenstroomse zijde en de soort en de mate van begroeiing. Daarnaast kunnen de effecten berekend worden van een aantal onderhoudsingrepen zoals het geheel schonen van de waterloop, het maaien van een baan en het eenzijdig maaien van de watergang.

In deze handleiding wordt beschreven welke gegevens nodig zijn en op welke manier de gegevens ingevoerd moeten worden om de gewenste situatie te berekenen.

In de bijlage staat een korte beschrijving van de afleiding, uitgangspunten en eigenschappen van het model waarmee deze spreadsheettool rekt.

H2 INVOER

INVOERMOGELIJKHEDEN

De tool heeft drie invoermogelijkheden.

⇒ INVOERBLAD HOMOGENE WATERGANG

Er is een invoerblad gemaakt voor een ‘homogene watergang’ (zie [figuur 1](#) op blz 12) waarbij de afmetingen van de waterloop, het debiet, de soort planten, en de onderhoudstoestand langs de watergang hetzelfde is. De groene invoervelden kunnen aangepast worden.

⇒ INVOERBLAD HETEROGENE WATERGANG

Er is een invoerblad voor een ‘heterogene watergang’ (zie [figuur 2](#) op blz 12) waarbij in lengte richting verschillende soorten planten en verschillende onderhoudsmaatregelen kunnen worden ingevoerd. Daarnaast kan het debiet aangepast worden.

De groene invoervelden kunnen worden ingevuld. Er kunnen maximaal 9 verschillende variaties ingevuld worden. De afstand moet in de tabel oplopen waarbij de laatste waarde de totale lengte van het door te rekenen pand is. Van boven naar beneden in de tabel staat voor van beneden naar bovenstrooms in het pand. In [figuur 2](#) is de totale lengte dus 1000 meter, waarbij op 400 meter afstand de parameters veranderen.

⇒ UITGEBREIDE INVOER

Voor het invoeren van een watergang met zeer grillige vorm kunnen de verschillende parameters (bodembreedte, bodemhoogte, talud) in de ‘uitgebreide invoer’ zelf ingevoerd worden.

BENODIGDE INVOERGEGEVENS OM DE WATERGANG DOOR TE REKENEN

De volgende parameters moeten ingevuld worden in de spreadsheet. In de paragrafen hieronder worden de verschillende onderdelen nader toegelicht.

- Debiet (m³/s)
- Afmetingen (lengte (m), bodembreedte(m), talud (-))
- Bodemhoogte benedenstrooms (m N.A.P)
- Bodemhoogte bovenstrooms (m N.A.P)
- Peil aan benedenstroomse zijde (m N.A.P)
- Hoogte van de begroeiing (% van de waterdiepte)
- Soort begroeiing (W-waarde afhankelijk van de soort begroeiing)

FIG 1 INVOERBLAD HOMOGENE WATERGANG

STROMINGSMODEL VOOR BEGROEIDE WATERLOPEN - HOMOGENE WATERGANG												
Datum: 2017v1												
Versie tool: 2017v1												
GEBIED EN WATERGANG					BEGROEIING				ONDERHOUD			
Bodemhoogte bovenstrooms	Bodemhoogte benedenstrooms	Peil benedenstrooms	Bodem breedte	Talud	Lengte pand	Debiet	W-Waarde	Hoogte begroeiing	Ondergedoken begroeiing	Breedte baan	Eenzijdig	
mNAP	mNAP	mNAP	m	-	m	m ³ /s		% tov waterdiepte				
1,20	1,00	2,00	1,20	1,5	400	0,40	700 - Watergentiaan	100	Begroeiing volgt bodemverloop	0,0	Nee	
Berekend peil bovenstrooms	2,09	mNAP										

FIG 2 INVOERBLAD HETEROGENE WATERGANG

STROMINGSMODEL VOOR BEGROEIDE WATERLOPEN - HETEROGENE WATERGANG																
Datum: 2017v1																
Versie tool: 2017v1																
GEBIED EN WATERGANG					LENGTE				BEGROEIING				ONDERHOUD			
Bodemhoogte bovenstrooms	Bodemhoogte benedenstrooms	Peil benedenstrooms	Bodem breedte	Talud	Lengte deel stuk	Debiet (Q)	W-Waarde	Hoogte begr.	Ondergedoken begroeiing	Breedte baan	Eenzijdig					
mNAP	mNAP	mNAP	m	-	m	m ³ /s		% tov waterdiepte								
1,20	1,00	1,7	1,20	1,5	400	0,50	30 - Grasachtigen en ondergedoken soorten	100	Begroeiing volgt bodemverloop	0,0	Nee					
					1000	600	100 - Riet	100	Begroeiing volgt bodemverloop	0,0	Nee					
Berekend peil bovenstrooms	2,54	mNAP														

DEBIET, AFMETINGEN EN BODEMHOOGTEN

Het invoeren van het debiet, afmetingen en bodemhoogten spreken voor zich. In verband met het aantal rekenpunten in deze tool wordt geadviseerd voor de maximale lengte 2000 - 2500 m aan te houden.

PEIL AAN BENEDENSTROOMSE ZIJDE

Dit is het peil dat aan de benedenstroomse zijde van het door te rekenen pand wordt gehandhaafd. Dit zou bijvoorbeeld het zomer of winterpeil bij de stuw kunnen zijn.

In deze versie van de tool blijft het peil dat aan benedenstroomse zijde wordt opgegeven gelijk wanneer een ander debiet opgegeven wordt. In de praktijk verandert dit peil natuurlijk wanneer het debiet verandert. Bijvoorbeeld wanneer aan het eind van het pand een stuw staat. Afhankelijk van de afmetingen, de soort stuw en de bediening van de stuw verandert het (start)peil dan bij een veranderend debiet.

HOOGTE VAN DE BEGROEIING

De hoogte van de begroeiing wordt opgegeven als het percentage van de waterdiepte aan de benedenstroomse zijde (bij de stuw) dat begroeid is. Dit mag geen 0% zijn.

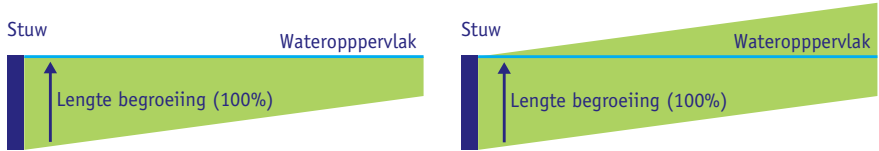
Voor de vertaling van de maat van begroeiing in bovenstroomse richting kan gekozen worden uit twee mogelijkheden, zie [figuur 3](#):

- De hoogte van de begroeiing in bovenstroomse richting volgt het vrijwel horizontale peil dat in normale omstandigheden aanwezig is. Deze situatie sluit het beste aan wanneer de begroeiing voornamelijk bestaat uit ondergedoken soorten en drijfbladplanten.
- De begroeiing volgt het verloop van de bodemhoogte. Deze situatie sluit het beste aan wanneer de begroeiing bestaat uit riet en 'grasachtigen'.

Met name indien gebruik gemaakt wordt van het invoerblad voor de heterogene watergang wordt in geval van een relatief lang pand (groter dan 1000 m) en een groot bodemverhang geadviseerd om in eerste instantie de begroeiing het bodemverloop te laten volgen omdat anders de kans bestaat dat bij de situatie dat de begroeiing horizontaal verloopt, het niveau van de begroeiing onder het niveau van de bodem wordt berekend.

FIG 3 TWEE MOGELIJKHEDEN VOOR INBRENG VAN DE VEGETATIE

Links begroeiing die horizontaal het peil volgen en rechts begroeiing volgt bodemverloop.



Een aantal planten soorten zoals verschillende kranswieren naaldwaterbies veroorzaken wel een hoge weerstand maar blijven in de ‘buurt’ van de bodem. De hele waterkolom raakt hierdoor niet snel geheel vol gegroeid.

FIG 4 NAALDWATERBIES (LINKS) EN KRANSWIJER (RECHTS)

SOORT BEGROEIING

De soort begroeiing kan aangepast worden door de bijbehorende weerstandswaarde (W-waarde) in te voeren. [Tabel 1](#) geeft de opties waaruit gekozen kan worden.

De lagere weerstanden van riet, drijvend fonteinkruid, gele plomp, waterlelie en watergentiaan zijn alleen verantwoord te gebruiken wanneer er min of meer sprake is van een ‘monocultuur’.

TABEL 1 SOORT BEGROEIING

SOORT BEGROEIING	W-WAARDE
'Grasachtigen' en ondergedoken soorten	30
Riet	100
Drijvend fonteinkruid	200
Gele plomp	250
Waterlelie	500
Watergentiaan	700

FIG 5 MONOCULTUUR VAN WATERLELIES (LINKS) EN WATERGENTIAAN (RECHTS)



FIG 6 MONOCULTUUR VAN GELE PLOMP (LINKS) EN WATERGENTIAAN (RECHTS)



De 'grasachtigen' en ondergedoken soorten veroorzaken de hoogste weerstand. Bijvoorbeeld waterpest in combinatie met kroos of een watergang met liesgras.

FIG 7 WATERGANG MET WATERPEST EN KROOS (LINKS) EN LIESGRAS (RECHTS)



FIG 8 EEN WATERGANG MET VERSCHILLENDE SOORTEN BEGROEIING

Een watergang met verschillende soorten begroeiing die samen voor veel weerstand zorgen.



WATERZONE

Draadwier, Watergentiaan, Sterrenkroos,
Smalle waterpest, Schedefonteinkruid,
Tenger fonteinkruid, Drijvend fonteinkruid,
Naaldwaterbies, Kranswier, Stijve waterranonkel,
Klein kroos, Moerasvergeet-mij-nietje,
Darmwier, Grote waterweegbree

Het is vaak zo dat er een aantal soorten gelijktijdig voorkomen. Dit veroorzaakt vrijwel altijd een hoge weerstand tegen stroming.

ONDERHOUDSTOESTAND

Geheel begroeide waterloop

Een geheel begroeide watergang is in te voeren door:

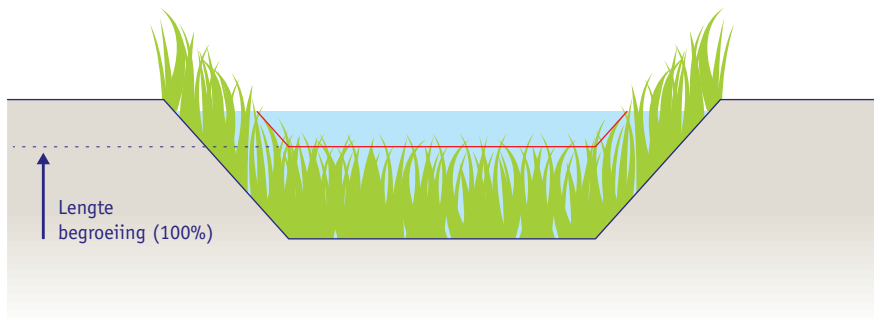
- Het percentage van de waterdiepte dat begroeid is aan de benedenstroomse zijde op 100% te zetten.
- Voor de breedte van de 'baan' 0 m in te voeren
- Eenzijdig onderhoud 'uit' zetten.

Door het percentage voor de lengte van de begroeiing aan te passen zijn uiteraard minder intensief begroeide watergangen uit te rekenen.

Geheel geschoonde waterloop

Een geheel geschoonde waterloop is vervolgens uit te rekenen door een laag (1-5 %) percentage van de waterdiepte dat begroeid is op te geven.

FIG 9 SCHEMATISATIE VAN DE BEGROEIING IN HET MODEL



Geheel begroeide waterloop met een 'stroombaai'

Het effect van het maaien van een stroombaai op het peilverloop is te bepalen door de volgende invoer:

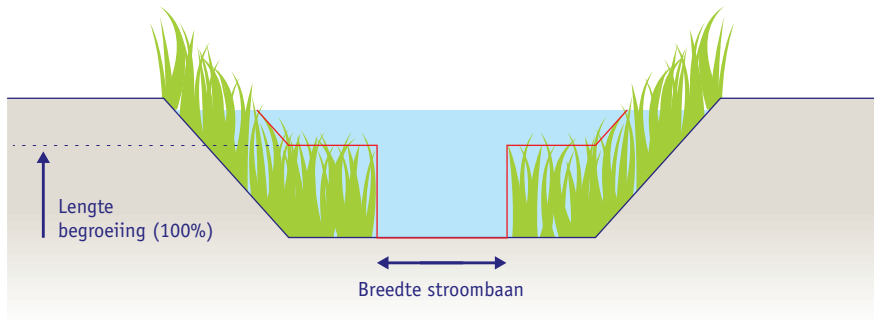
- Het percentage van de waterdiepte dat begroeid is aan benedenstroomse zijde op 100% te zetten.

- De breedte van de 'baan' in te voeren. De breedte van de baan kan maximaal gelijk zijn aan de bodembreedte van de watergang. Als de breedte van de baan breder is dan de bodembreedte wordt gerekend met de bodembreedte als de breedte van de baan.
- Eenzijdig onderhoud 'uit' zetten.

Door het percentage voor de lengte van de begroeiing aan te passen is uiteraard het effect van een 'baan' en een minder intensief begroeide watergang uit te rekenen.

]

FIG 10 SCHEMATISATIE VAN EEN BEGROEIDE WATERGANG MET EEN STROOMBAAN



Eenzijdig maaien

Voor het bepalen van het effect van het eenzijdig maaien van het talud en de helft van de bodem is de volgende invoer noodzakelijk:

- Het percentage van de waterdiepte dat begroeid is aan benedenstroomse zijde op 100% te zetten.
- Voor de breedte van de 'baan' 0 m in te voeren
- Eenzijdig onderhoud 'aan' zetten.

Bodem en talud maaien

Om de situatie door te rekenen waarbij de gehele bodem en het talud aan een zijde is gemaaid is de volgende invoer noodzakelijk.

- Het percentage van de waterdiepte dat begroeid is aan benedenstroomse zijde op 100 % te zetten.

- De breedte van de 'baan' gelijk aan de bodembreedte van de watergang.
- Eenzijdig onderhoud 'aan' zetten.

FIG 11 SCHEMATISATIE VAN EEN WATERGANG WAARBIJ AAN 1 ZIJDE WORDT GEMAaid

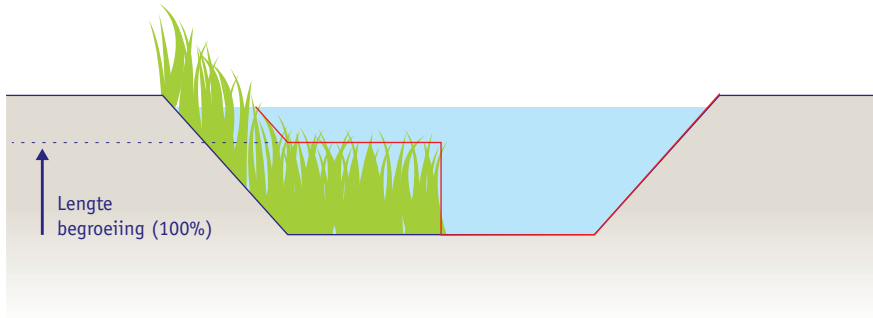
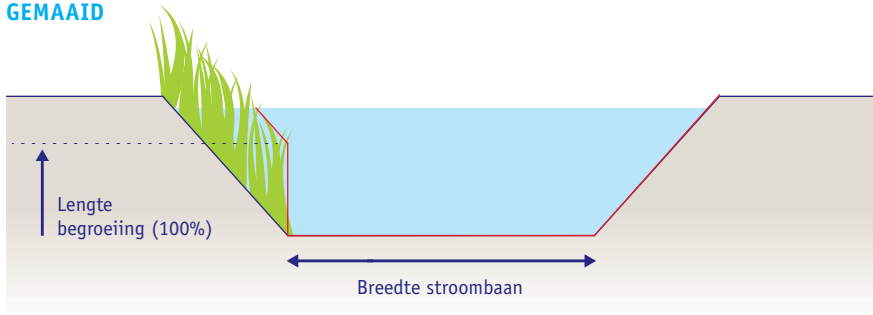


FIG 12 SCHEMATISATIE VAN EEN WATERGANG WAARBIJ AAN 1 ZIJDE EN DE BODEM WORDT GEMAaid



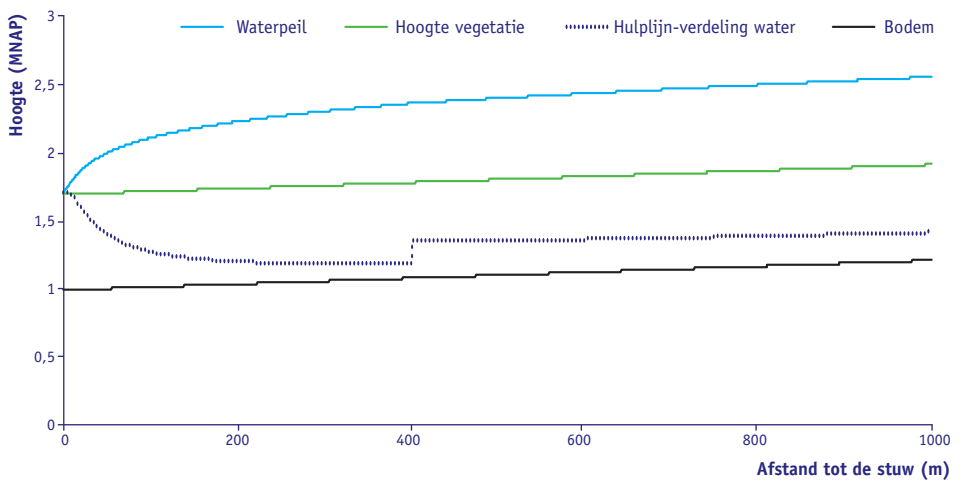
H3 UITVOER



De uitvoer van de berekeningen wordt direct op het invoerblad weergegeven. Als gebruik wordt gemaakt van de Uitgebreide invoer, dan worden de uitkomsten op het Invoerblad van de heterogene watergang weergegeven.

De uitvoer bestaat uit een maximum berekend peil bovenstrooms en een grafiek met een lengtedoorsnede van het doorgerekende stuk watergang. Waarbij de stuw links staat (afstand = 0). Hieronder is een voorbeeld opgenomen van de grafiek.

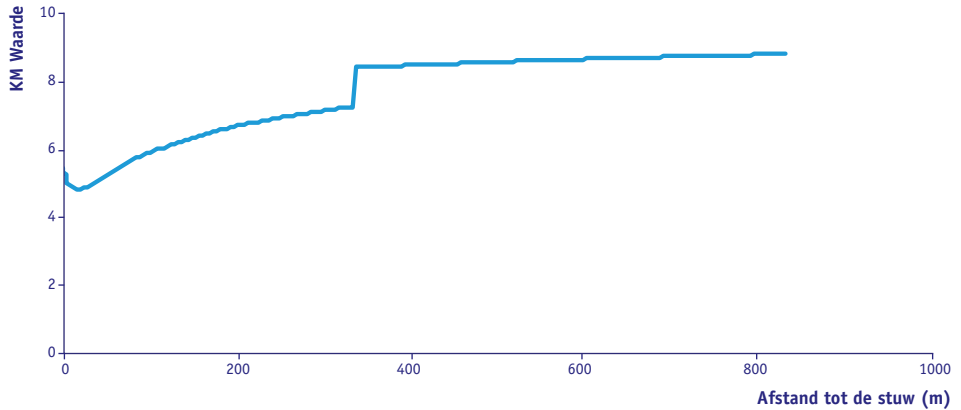
FIG 13 BEREKENDE PEILVERLOOP IN DE WATERGANG



Naast het berekende peilverloop in de watergang (lichtblauwe lijn), het bodemverloop (zwarte lijn) en het verloop van de hoogte van de begroeiing (groene lijn) wordt een hulplijn weergegeven die de verdeling aangeeft van de hoeveelheid water die door de begroeiing stroomt en het openwatergedeelte stroomt. In bovenstaand voorbeeld is te zien dat bij de stuw het totale debiet door de begroeiing stroomt en dat aan de bovenstroomse zijde het meeste water door het openwatergedeelte boven de begroeiing loopt.

Om een indruk te krijgen van het verloop van de 'traditionele' km-waarden is een grafiek toegevoegd die het verloop van de met het model 'teruggerekende' km-waarde langs de waterloop laat zien.

FIG 14 VERLOOP KM-WAARDE



Bij het heterogene invoer blad is tevens het verloop van de W-waarde en de opgegeven baanbreedte in grafieken weergegeven. Wanneer gebruik wordt gemaakt van de gedifferentieerde uitgebreide invoer worden deze grafieken (van het heterogene invoerblad) daarop aangepast.

.....

BIJLAGE I

KORTE BESCHRIJVING VAN DE AFLEIDING, UITGANGSPUNTEN EN EIGENSCHAPPEN VAN HET MODEL



INLEIDING

In de 80 en 90 jaren van de vorige eeuw zijn (Pitlo en Griffioen, 1991) veel metingen gedaan naar het effect van de plantengroei op het peilverloop in een watergang.

Op basis van deze metingen is een model afgeleid om het peilverloop in een watergang te berekenen

Van dit model is een spreadsheet toepassing gemaakt die het peilverloop in een watergang kan berekenen op grond van de afmetingen van de waterloop, het debiet het (stuw) peil aan de benedenstroomse zijde en soort en de mate van begroeiing op verschillende plaatsen in de waterloop. Met deze spreadsheet toepassing kunnen daarnaast de effecten berekend worden van een aantal onderhoudsingrepen zoals het maaien van een baan en het eenzijdig maaien van de watergang.

Tijdens de Stowa-kennisdag 'Planten in de stroom, kansen voor weerstand' op 15-11-2016 die in het kader van Bouwen met Natuur is georganiseerd hebben een aantal waterschappen aangegeven dit model te willen gebruiken en de ervaringen met dit model in de praktijk (beheer) op gestructureerde wijze te volgen en uit te wisselen met het doel om het model met deze ervaringskennis verder te verfijnen en te verbeteren. Om dit te doen is deze korte handleiding over de achtergronden en het gebruik van de spreadsheet geschreven.

In deze notitie wordt kort ingegaan op de metingen en ijking die eerder zijn gedaan op grond waarvan het model is afgeleid.

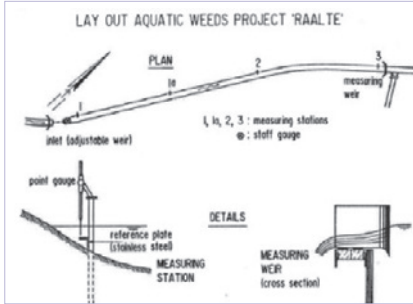
Verder worden de eigenschappen en randvoorwaarden van het conceptuele model kort beschreven.

METINGEN

In de 80^{er} en 90^{er} jaren zijn op meerdere locaties o.a. in Salland en bij het Hydraulisch Laboratorium in Wageningen (Nieuwlanden) een 100 tal metingen verricht naar stromingsweerstand in begroeide waterlopen van verschillende afmetingen, begroeiingsgraden en soorten begroeiing. Om de stromingsweerstand te meten zijn het debiet en het verhang nauwkeurig gemeten. Voor het meten van het debiet is gewerkt met geijkte stuwen (hydraulisch laboratorium Wageningen). De peilen waarmee het verhang is berekend zijn met peilnaalden (nonius aflezing 0.1 mm nauwkeurig) bevestigd op nauwkeurig ingemeten paaltjes bepaald.

FIG 15 METINGEN VAN HET PEILVERLOOP EN DEBIET

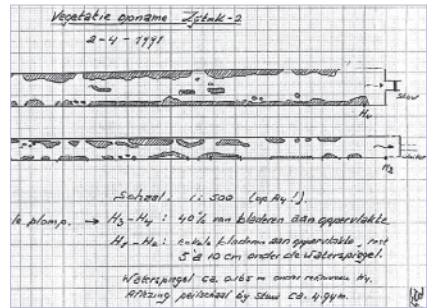
Links: Meten van peilen en geijkte stuwten. Rechts: Nauwkeurig ingemeten meetpaal (0,1 mm nauwkeurig).



Verder heeft er altijd een nauwkeurige inventarisatie van de mate en soort begroeiing plaatsgevonden.

FIG 16 OPNAME VAN DE BEGROEIINGSTOESTAND

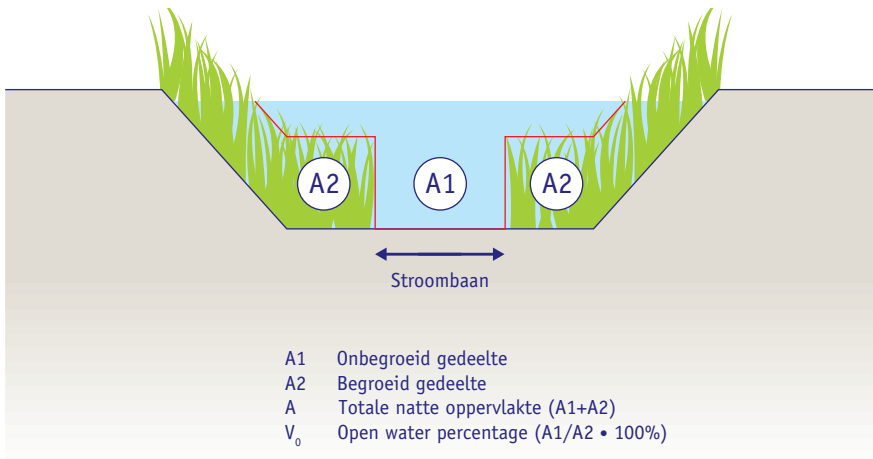
Links: Opmeten van de begroeiing. Rechts: Vastleggen van de soort en mate van begroeiing.



BESCHRIJVING VAN HET MODEL

De waterloop wordt in principe verdeeld in een begroeid en een onbegroeid gedeelte.

FIG 17 SCHEMATISATIE BEGROEIING WATERGANG



Voor het beschrijven van het watertransport door het onbegroeide gedeelte ('open water') wordt gebruik gemaakt van de formule van Manning, waarbij de K_m -waarde steeds constant blijft. Voor de stroming door de begroeiing is uitgegaan van de wet van Darcy die de stroming door een doorlatend medium (in dit geval het plantenmateriaal) beschrijft. De weerstand van deze begroeiing hangt af van de soort planten. Door een combinatie van de formules van Manning en Darcy wordt in dit model het totale debiet verdeeld over een gedeelte dat stroomt door de begroeiing en een gedeelte dat stroomt door open water (Zie pagina 28).

DEBIET DOOR ONBEGROEIDE GEDEELTE (formule van Manning)	DEBIET DOOR BEGROEIDE GEDEELTE (formule van Darcy)
$Q_1 = kM_0 A_1 R_1^{2/3} \sqrt{S}$	$Q_2 = WA_2 S$
WAARIN:	WAARIN:
Q_1 = debiet door open-watergedeelte (m ³ /s) kM_0 = waarde van Manning open-watergedeelte (m ^{1/3} /s) R_1 = hydraulische straal open-watergedeelte (m) A_1 = natte oppervlakte open-watergedeelte (m ²) S = verhang(-)	Q_2 = debiet door begroeid gedeelte (m ³ /s) W = weerstandswaarde begroeiing (m/s) A_2 = natte oppervlakte begroeid gedeelte (m ²) S = verhang(-)

$$Q_{\text{tot}} = kM_0 A_1 R_1^{2/3} \sqrt{S} + WA_2 S$$

BEPALING VAN DE WEERSTANDSWAARDEN

Om op basis de metingen de weerstanden voor verschillende plantensoorten (W -waarden) en de weerstandswaarde op het grensvlak tussen de begroeiing en het openwater (kM_0) te bepalen zijn op basis van de metingen eerst de kM -waarden bepaald volgens de ‘traditionele’ weg:

$$kM_{\text{gem}} = \frac{Q}{(AR^{2/3} \sqrt{S})}$$

WAARIN:

- kM_{gem} = kM -waarde voor het gehele dwarsprofiel (m^{1/3}/s) (berekend uit veldmetingen)
 Q = debiet (m³/s)
 A = natte oppervlakte totale dwarsdoorsnede (m²)
 R = hydraulische straal van totale dwarsdoorsnede (m)
 S = verhang(-)

Daarnaast zijn de kM -waarden berekend op basis van het conceptuele model.

$$kM_{\text{ber}} = \frac{kM_0 A_1 R_1^{2/3} \sqrt{S+WA_2 S}}{(A_1+A_2) R^{2/3} \sqrt{S}}$$

Met behulp van lineaire regressie zijn de kM_0 - en W -waarden zodanig bepaald dat $kM_{\text{ber}} = kM_{\text{gem}}$.

De beste fit met een correlatiecoëfficiënt van 95% ontstaat wanneer voor weerstand kM_0 op het grensvlak begroeid/onbegroeid een waarde van 34 aangehouden wordt en voor de W -waarden afhankelijk van de soort planten de volgende waarden aan te houden.

TABEL 2 SOORT BEGROEIING

SOORT BEGROEIING	W-WAARDE
'Grasachtigen' en ondergedoken soorten	30
Riet	100
Drijvend fonteinkruid	200
Gele plomp	250
Waterlelie	500
Watergentiaan	700

Met de 'beste'waarde voor kM_0 en W ziet de formule die het verband aangeeft tussen het debiet en het peilverloop er dan als volgt uit:

$$Q = 34R_1^{2/3} A_1 \sqrt{S+WA_2 S}$$

De weerstand in het dwarsprofiel wordt naast de afmetingen van de watergang en het beschikbare verhang (S) bepaald door het gedeelte openwater/begroeid (A_1 en A_2) en de weerstandwaarde (W) afhankelijk van de soort planten.

FIG 18 LINEAIRE REGRESSIE

Met behulp van lineaire regressie zijn de 'beste' waarden voor KM_0 en W voor verschillende plantensoorten bepaald (correlatie coefficient regresslijn 0,95).

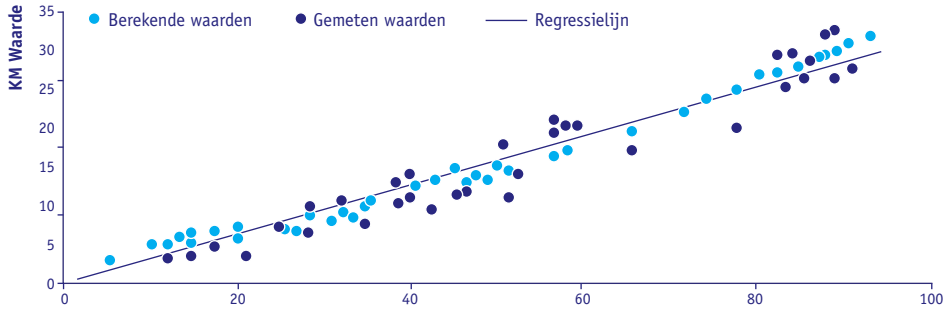
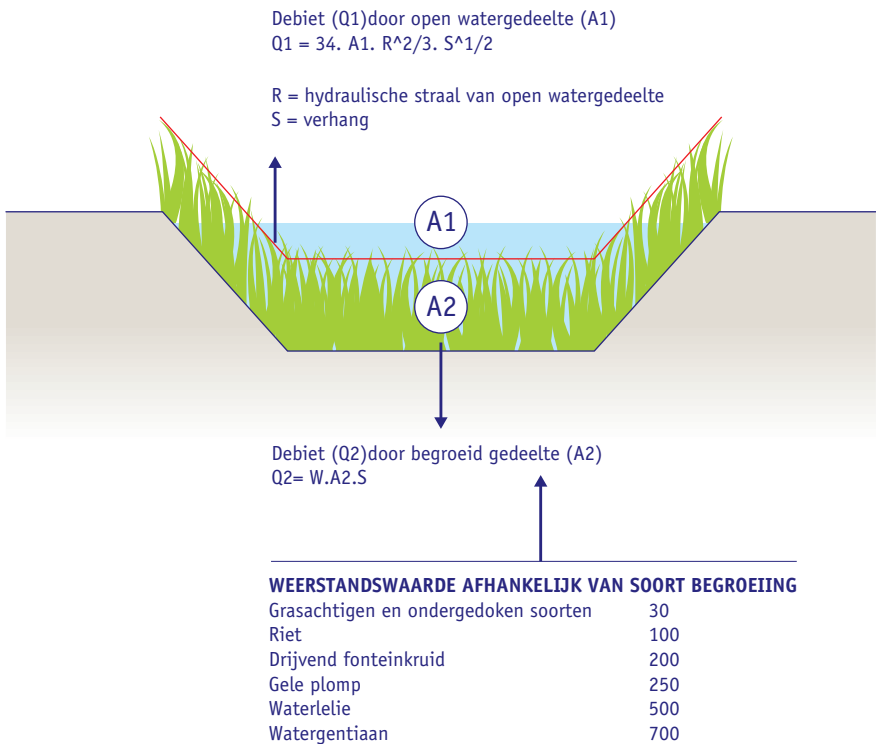


FIG 19 ENKELE EIGENSCHAPPEN VAN HET MODEL



De weerstand verandert in elk dwarsprofiel wanneer het debiet of het stuwpeil wijzigt

Wanneer het debiet door de watergang of het stuwpeil aan het eind van de watergang aangepast wordt, verandert het peilverloop in de watergang en daarmee verandert in elke dwarsdoorsnede de grootte van en de verhouding tussen het begroeide en onbegroeide gedeelte (A_1 en A_2) en daarmee verandert in elke dwarsdoorsnede de weerstand tegen stroming.

Bij toenemende snelheid (debiet) neemt de gemiddelde weerstand af

Wanneer de snelheid in het dwarsprofiel toeneemt gaat er verhoudingsgewijs meer water door het open watergedeelte stromen. Het lijkt dat daardoor de totale weerstand in het dwarsprofiel afneemt.

Bij metingen in de praktijk wordt dit ook vaak geconstateerd. Andere oorzaken die dit kunnen beïnvloeden zijn:

- De waterplanten buigen mee waardoor in de dwarsdoorsnede de oppervlakte onbegroeid toeneemt.
- De weerstand ($kM_o = 34$) op de overgang tussen begroeid/onbegroeid verandert wellicht.

De weerstand op de overgang van begroeid/onbegroeid (kM_o) is een constante waarde (34)

De overgang tussen het begroeide en het onbegroeide gedeelte van het dwarsprofiel blijkt niet erg 'glad' te zijn. Op de onderwaterfoto wordt dit geïllustreerd.

Uit de resultaten van de metingen blijkt ook dat bij geheel gemaaide watergangen geen hogere kM -waarden dan 34 gemeten zijn. Alleen bij pas gegraven watergangen met onbegroeide taluds of beklede taluds kunnen hogere waarden van kM_o worden verwacht.

STOWA IN HET KORT

STOWA is het kenniscentrum van de regionale waterbeheerders (veelal de waterschappen) in Nederland. STOWA ontwikkelt, vergaart, verspreidt en implementeert toegepaste kennis die de waterbeheerders nodig hebben om de opgaven waar zij in hun werk voor staan, goed uit te voeren. Deze kennis kan liggen op toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk-juridisch of sociaalwetenschappelijk gebied.

STOWA werkt in hoge mate vraaggestuurd. We inventariseren nauwgezet welke kennisvragen waterschappen hebben en zetten die vragen uit bij de juiste kennisleveranciers. Het initiatief daarvoor ligt veelal bij de kennisvragende waterbeheerders, maar soms ook bij kennisinstellingen en het bedrijfsleven. Dit tweerichtingsverkeer stimuleert vernieuwing en innovatie.

Vraaggestuurd werken betekent ook dat we zelf voortdurend op zoek zijn naar de 'kennisvragen van morgen' - de vragen die we graag op de agenda zetten nog voordat iemand ze gesteld heeft - om optimaal voorbereid te zijn op de toekomst.

STOWA ontzorgt de waterbeheerders. Wij nemen de aanbesteding en begeleiding van de gezamenlijke kennisprojecten op ons. Wij zorgen ervoor dat waterbeheerders verbonden blijven met deze projecten en er ook 'eigenaar' van zijn. Dit om te waarborgen dat de juiste kennisvragen worden beantwoord. De projecten worden begeleid door commissies waar regionale waterbeheerders zelf deel van uitmaken. De grote onderzoekslijnen worden per werkveld uitgezet en verantwoord door speciale programmacommissies. Ook hierin hebben de regionale waterbeheerders zitting.

STOWA verbindt niet alleen kennisvragers en kennisleveranciers, maar ook de regionale waterbeheerders onderling. Door de samenwerking van de waterbeheerders binnen STOWA zijn zij samen verantwoordelijk voor de programmering, zetten zij gezamenlijk de koers uit, worden meerdere waterschappen bij één en het zelfde onderzoek betrokken en komen de resultaten sneller ten goede van alle waterschappen.

DE GRONDBEGINSELEN VAN STOWA ZIJN VERWOORD IN ONZE MISSIE:

Het samen met regionale waterbeheerders definiëren van hun kennisbehoeften op het gebied van het waterbeheer en het voor én met deze beheerders (laten) ontwikkelen, bijeenbrengen, beschikbaar maken, delen, verankeren en implementeren van de benodigde kennis.



STOWA

Postbus 2180
3800 CD Amersfoort

Bezoekadres

Stationsplein 89, vierde etage
3818 LE Amersfoort

t. 033 460 32 00
e. stowa@stowa.nl
i. www.stowa.nl

COLOFON

Amersfoort, November 2017

Uitgave

Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer
Postbus 2180
3800 CD Amersfoort

Auteur Chris Griffioen

Contactpersoon STOWA Michelle Talsma

Vormgeving Shapeshifter.nl | Utrecht

Fotografie Michelle Talsma (blz 18) en Vildafoto (blz 2 en 6)

Druk DPP, Houten

STOWA 2017-43

ISBN 978.90.5773.767.1

Copyright

De informatie uit dit rapport mag worden overgenomen, mits met bronvermelding. De in het rapport ontwikkelde, dan wel verzamelde kennis is om niet verkrijgbaar. De eventuele kosten die STOWA voor publicaties in rekening brengt, zijn uitsluitend kosten voor het vormgeven, vermenigvuldigen en verzenden.

Disclaimer

Dit rapport is gebaseerd op de meest recente inzichten in het vakgebied. Desalniettemin moeten bij toepassing ervan de resultaten te allen tijd kritisch worden beschouwd. De auteurs en STOWA kunnen niet aansprakelijk worden gesteld voor eventuele schade die ontstaat door toepassing van het gedachtegoed uit dit rapport.

stowa

STICHTING
TOEGEPAST ONDERZOEK WATERBEHEER

stowa@stowa.nl www.stowa.nl
TEL 033 460 32 00 FAX 033 460 32 01
Stationsplein 89 3818 LE AMERSFOORT
POSTBUS 2180 3800 CD AMERSFOORT

