

# Rekeninstrument buffercapaciteit

Handleiding

**Ir. Pieter Meert**  
**Prof. dr. ir. Patrick Willems**

juli 2013

---



# Inhoud

<b>1</b>	<b>Technische specificaties .....</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Benodigde buffercapaciteit .....</b>	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>Terugkeerperiode.....</b>	<b>13</b>
<b>4</b>	<b>Concentratietijd.....</b>	<b>17</b>
<b>5</b>	<b>Doorvoerdebiet .....</b>	<b>18</b>
<b>6</b>	<b>Enkele praktijkvoorbeelden .....</b>	<b>19</b>
6.1	<i>Knelpunt gebied Boesdaal.....</i>	19
6.1.1	Concentratietijd .....	19
6.1.2	Benodigd buffervolume .....	20
6.1.3	Terugkeerperiode van overloop .....	20
6.2	<i>Meerdere bufferbekkens.....</i>	21
<b>7</b>	<b>Referenties .....</b>	<b>23</b>
	<b>Bijlage A: Waarden voor CN en cn' (curve number) .....</b>	<b>25</b>
	<b>Bijlage B: Waarden runoff-coëfficiënt <math>\phi</math> .....</b>	<b>27</b>



## Inleiding

Deze handleiding beschrijft het rekeninstrument dat ontwikkeld werd door de Afdeling Hydraulica van de KU Leuven, voor de studie “Evaluatie van berekeningsmethoden voor het bepalen van de benodigde buffercapaciteit van kleinschalige opvangsystemen in het kader van erosiebestrijding” (bestek nr. BOD/STUD/2011/01) voor de Vlaamse Overheid - Departement Leefmilieu, Natuur en Energie - Afdeling Land en Bodembescherming, Ondergrond, Natuurlijke Rijkdommen.

Het rekeninstrument biedt de mogelijkheid om op basis van een gekozen buiduur en de karakteristieken van het toestroomgebied de benodigde buffercapaciteit te berekenen met behulp van vier verschillende methodes: de rationale methode, de SCS- en aangepaste SCS – methode en de continue methode. De resultaten kunnen onderling ook nog vergeleken worden.

Daarnaast is de mogelijkheid voorzien om de 100-jarige Ukkel neerslag reeks met tijdstap van 10 minuten door te rekenen voor een bepaald ontwerp van bufferbekken(s). Het ontwerp van deze bufferbekkens kan variëren naar volume, oppervlakte van het toestroomgebied, doorvoerdebiet, doorvoerrelatie en knijphoogte. Ook is de mogelijkheid voorzien om de invloed van de klimaatverandering door te rekenen.



# 1 Technische specificaties

Het rekeninstrument werd ontwikkeld in de MATLAB (MathWorks, 2012a) softwareomgeving en vervolgens omgevormd naar een executable file, zodat het ook gedraaid kan worden op computers waarop MATLAB niet geïnstalleerd is. Om dit mogelijk te maken moet echter eerst versie 7.17 van de MATLAB Compiler Runtime (MCR) geïnstalleerd zijn. Dit bestand kan gedownload worden van de MathWorks website (<http://www.mathworks.com/products/compiler/>) en is ook bijgevoegd bij het rekeninstrument. Installeer die versie die compatibel is met het besturingssysteem van de computer (32- of 64- bit).

Wanneer de MCR geïnstalleerd is, kan het rekeninstrument gestart worden door op het icoontje (BCEtool.exe) te klikken. Let ook hier goed op dat versie gekozen wordt die compatibel is met het besturingssysteem. Na het starten van het programma zal eerst een zwart command prompt venster verschijnen en ca. 15 seconden later worden het KU Leuven logo en het rekeninstrument zichtbaar.





## 2 Benodigde buffercapaciteit

Het eerste tabblad ("Buffercapaciteit") van het rekeninstrument laat toe om het afstroomvolume en het benodigde bergingsvolume te berekenen met vier verschillende methodes (Rationele methode, SCS-methode, aangepaste SCS-methode en continue methode). De verschillende resultaten kunnen vervolgens ook onderling vergeleken worden. Ter verduidelijking zal de gevalstudie van de Jonker Janlaan te Attenhoven gebruikt worden als demonstratie. Voor deze gevalstudie zijn de volgende parameters van belang:

- Oppervlakte: 83 ha
- Concentratietijd: 30 min (berekend met de methode van Kirpich)
- Runoff-coëfficiënt: 0.43 (op basis van een gewogen gemiddelde van de verschillende types landgebruik, voornamelijk akkerland met een runoff-coëfficiënt van 0.4)
- Doorvoerdebiet: 1.5 m<sup>3</sup>/s (dit is het maximale afvoerdebiet van het ontvangende rioleringsstelsel)
- Curve Number: 88 (volgens Tabel 1 en Tabel 2 in bijlage A)

De berekening gebeurt in vier stappen:

- 1) In het eerste kader linksboven dienen vijf karakteristieken van het afstroomgebied ingevuld te worden (Figuur 1):
  - De concentratietijd (in minuten). Deze kan berekend worden met behulp van de verschillende empirische methodes in het derde tabblad (zie deel 3). Voor een goede overeenkomst bij de rationele en continue methode dient deze waarde afgerond te worden naar 10 minuten. De gevoeligheidsanalyse toonde aan dat het effect van het afronden op het benodigde volume beperkt is.
  - Runoff-coëfficiënt: hiervoor wordt verwezen naar de tabellen in bijlage B, die waarden voorstellen in functie van het landgebruik.
  - Curve Number (voor de SCS- en aangepaste SCS-methode): waarden voor deze parameter kunnen gevonden worden in bijlage A.
  - Het doorvoerdebiet (in l/s): hiervoor dient de maximale waarde ingevuld te worden, dus de waarde die van toepassing is wanneer het bufferbekken volledig gevuld is.
  - De oppervlakte van het toestroomgebied (in ha), op die manier kan het doorvoerdebiet dimensieloos gemaakt worden. Indien het doorvoerdebiet gekend is in l/(s.ha) moet de oppervlakte gelijk aan 1 gesteld worden.

Let ook goed op om geen negatieve getallen en/of tekst in te vullen.

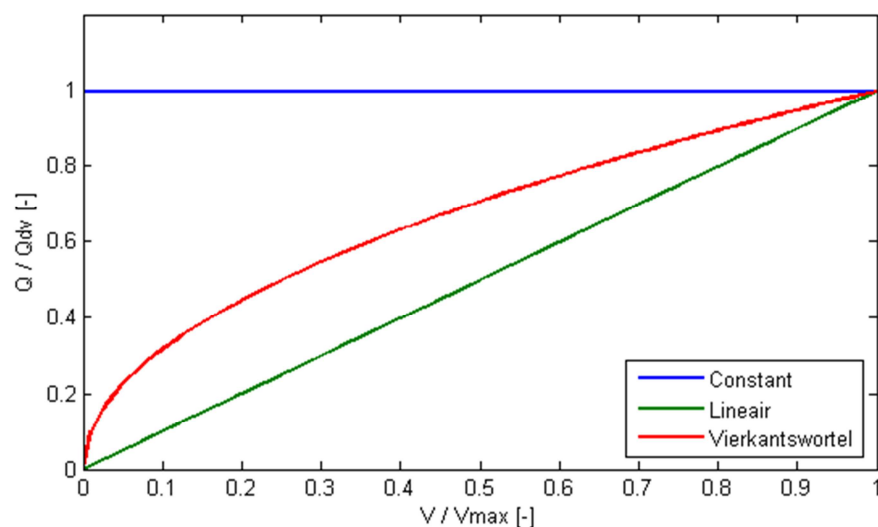
Karakteristieken afstroomgebied		
Concentratietijd:	<input type="text" value="30"/>	[min]
Runoff - coëfficiënt:	<input type="text" value="0.43"/>	[-]
Curve Number:	<input type="text" value="88"/>	[-]
Doorvoerdebiet:	<input type="text" value="1500"/>	[l/s]
Oppervlakte:	<input type="text" value="83"/>	[ha]

*Figuur 1. Benodigde gebiedskarakteristieken*

- 2) Vervolgens dient een keuze gemaakt te worden over de doorvoerrelatie tussen een constant debiet (typisch voor wervelventielen), een debiet dat lineair gerelateerd is aan het volume en een debiet dat via een vierkantswortel relatie verband houdt met het volume (in het geval van knijpopeningen). De vierkantswortel relatie is de meest realistische voor gravitair leegstromende systemen. De andere twee vormen de twee uiterste, waarbij een constante doorvoer voor de snelste leegloop zorgt en de lineaire doorvoerrelatie voor de traagste. Het doorvoerdebiet dat in de vorige stap werd gedefinieerd komt overeen met de maximale waarde, wanneer het volume dus gelijk is aan het maximale volume (zie Figuur 3).

Doorvoerrelatie (Continue methode)		
<input type="radio"/> Constant	<input type="radio"/> Lineair	<input checked="" type="radio"/> Vierkantswortel

*Figuur 2. Keuze van doorvoerrelatie.*



*Figuur 3. Verhouding van het optredende debiet tot het maximale debiet, in functie van het volume in het bufferbekken en de gekozen doorvoerrelatie.*

- 3) In de derde stap dient de buiduur gekozen te worden, vanuit het menu in de derde kader (zie Figuur 4). Voor berekeningen als deze komt de buiduur typisch overeen met de concentratietijd van het toestroomgebied. Vervolgens worden in de onderstaande tabel de ontwerpneerslagwaarden van de meest recente IDF-verbanden van Willems (2011) opgelijst, voor vijf verschillende terugkeerperioden. De middelste kolom bevat uurlijkse neerslagintensiteiten, terwijl de rechtse kolom daggemiddelde neerslagintensiteiten bevat (voor de aangepaste SCS-methode). De waarden in deze tabel zijn niet manueel aanpasbaar.

Neerslagkarakteristieken

Buiduur:  [min]

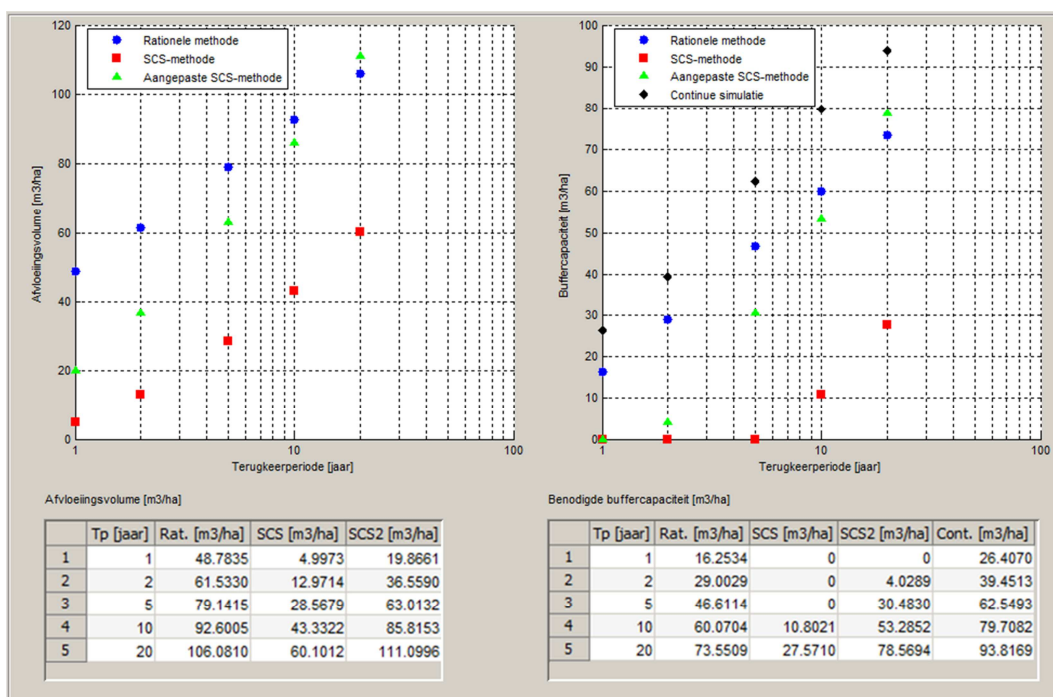
	Tp [jaar]	i [mm/h]	N [mm]
1	1	22.6900	1.4679
2	2	28.6200	1.7044
3	5	36.8100	2.0454
4	10	43.0700	2.3438
5	20	49.3400	2.7060

*Figuur 4. Keuze neerslagkarakteristieken*

- 4) Tot slot moet er nog een keuze gemaakt worden over de eenheid waarin de resultaten uitgedrukt zullen worden. Er kan hier een keuze gemaakt worden tussen m- per ha, m<sup>3</sup> per effectieve ha en het totale volume. De buffervolumes worden intern berekend via interpolatie in (uitgebreidere) tabellen die in bijlage B van het rapport te vinden zijn. Deze zijn uitgedrukt in m<sup>3</sup> per effectieve ha en kunnen bijgevolg gezien worden als de afstromende en benodigde volumes indien het volledige gebied een runoff-coëfficiënt gelijk aan 1 zou hebben. De benodigde volumes per ha bekomt men dan na vermenigvuldiging met de runoff-coëfficiënt. Om de totale volumes te bekomen wordt dit vervolgens nog eens vermenigvuldigd met de oppervlakte.

Wanneer de vier bovenstaande stappen doorlopen zijn, kunnen de berekeningen gestart worden door op de "Berekenen"-knop te klikken. De resultaten worden dan getoond in de twee grafieken en tabellen in het rechtse gedeelte. De linkse grafiek en tabel geven het afstromingsvolume voor vijf terugkeerperioden, terwijl de benodigde bergingsvolumes getoond worden in de rechtse grafiek en tabel (zie Figuur 5). Voor de continue methode worden geen afstromingsvolumes weergegeven aangezien dit concept hier niet van toepassing is. Er wordt namelijk gerekend met een langdurige tijdreeks en niet met afzonderlijke events, zoals dat wel het geval is bij de drie andere methodes.

De resultaten van de berekening (uitgedrukt in  $m^3$  per ha of per effectieve ha) gaan uit van de veronderstelling dat de horizontale oppervlakte van het bufferbekken nagenoeg constant is over de hoogte van het bufferbekken. Op die manier kan het doorvoerdebiet eenvoudig gerelateerd worden aan het volume in het bufferbekken, zonder dat de oppervlakte gekend hoeft te zijn. Sterker nog, het benodigde volume blijft hetzelfde ongeacht de horizontale oppervlakte van het bufferbekken, aangezien het maximale doorvoerdebiet bepaald wordt door het maximale waterpeil in het bekken. Indien de veronderstelling van een constante horizontale oppervlakte niet geldig is voor het bufferbekken (wat in praktijk voorkomt, doordat bekkens dikwijls gevormd worden door aarden dammen loodrecht op de afstromingsrichting) blijven de hier bekomen waarden aan de veilige kant, aangezien de uitgevoerde berekening conservatiever is.

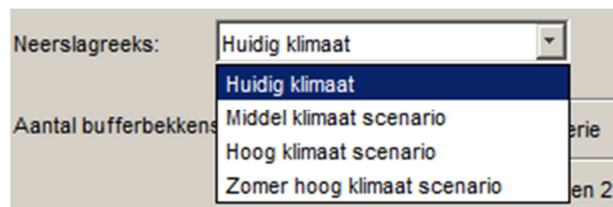


Figuur 5. Resultaten eerste tabblad BCE-tool: Afstromingsvolumes (links) en benodigde buffervolumes (rechts) voor de gevalstudie van de Jonk Janlaan te Attenhoven, beiden uitgedrukt in  $m^3/ha$ .

### 3 Terugkeerperiode

In het tweede tabblad kan de omgekeerde berekening gemaakt worden: voor een bepaald ontwerp van bufferbekken (volume, doorvoerdebiet, relatieve knijphoogte, doorvoerrelatie en toestroomoppervlakte) kan op basis van de 100 jaar neerslagreeks te Ukkel de terugkeerperiode van overstort(volume) berekend worden. De berekening verloopt via de volgende stappen:

- 1) Keuze van de neerslagreeks waarmee de continue simulatie zal uitgevoerd worden. Hiervoor zijn er vier mogelijkheden: de 100-jarige Ukkel neerslagreeks zoals ze opgemeten is, de 100-jarige Ukkel neerslagreeks die aangepast is aan het midden of hoog klimaatscenario of de neerslagreeks waarbij de perturbatie voor het hoog klimaatscenario enkel toegepast is op de zomermaanden. Dit laatste houdt in dat de neerslag in de wintermaanden nagenoeg ongewijzigd is, maar dat tijdens de zomer de neerslagintensiteit zal toenemen, terwijl het aantal buien afneemt. De keuze van de neerslagreeks gebeurt met behulp van het dropdownmenu links boven (zie Figuur 6).



*Figuur 6. Keuze van neerslagreeks voor de continue simulatiemethode*

- 2) Ingeven van het aantal bufferbekkens (één tot vier) en hun onderlinge schikking (in serie of parallel). In geval van bufferbekkens in serie zal het doorvoer- en overloopdebiet van het eerste bekken dienen als invoer van het volgende bekken. Eventueel kan hier ook nog een extra neerslagafstromingsdebiet bij opgeteld worden. De situatie aan de Heulengracht met drie achtereenvolgende aarden dammen is hier een mooi voorbeeld van. Bufferbekkens in parallel hebben geen invloed op elkaar: Een deel van het toestroomgebied watert af naar het ene bekken, terwijl het andere deel naar het andere bekken stroomt. Dit is bijvoorbeeld het geval in het knelpuntgebied Boesdaal.
- 3) Vervolgens dienen de karakteristieken van het afstroomgebied ingegeven te worden voor elk bufferbekken (zie Figuur 7). Deze karakteristieken zijn: de concentratietijd (te kiezen uit een menu als een veelvoud van 10 minuten), de toestroomoppervlakte, het werkelijke bergingsvolume (in  $m^3$  en dus niet in  $m^3$  per ha), de relatieve knijphoogte (uitgedrukt in procenten t.o.v. de totale diepte van het bekken), het doorvoerdebiet en bijhorende doorvoerrelatie (constant, lineair of vierkantswortel). In geval van twee of meer bufferbekkens in serie kan een extra afstromingsdebiet toegevoegd worden door een toestroomoppervlakte groter dan nul te kiezen. Indien hier de waarde nul ingevuld wordt, is het instroomdebiet van het tweede bufferbekken gelijk aan de som van het doorvoeren het overstortdebiet van het eerste bufferbekken. Indien een waarde groter dan 0 gekozen wordt, moet een concentratietijd gekozen worden die geldig is voor de

extra toevoerende oppervlakte. En dus niet van de totale toevoerende oppervlakte.

The screenshot shows a software window titled "Afstroomgebied" with the following elements:

- Neerslagreeks:** A dropdown menu set to "Huidig klimaat".
- Aantal bufferbekkens:** A dropdown menu set to "2".
- Series/Parallel:** Radio buttons for "Serie" (selected) and "Paralleel".
- Concentratietijd [min]:** Four dropdown menus for "Bekken 1" (30), "Bekken 2" (10), "Bekken 3" (10), and "Bekken 4" (10).
- Toestroomoppervlakte [ha]:** Four text input fields: "1", "0.5", and two empty fields.
- Bergingsvolume [m3]:** Four text input fields: "50", "100", and two empty fields.
- Knijphoogte [%]:** Four text input fields: "0", "0", and two empty fields.
- Doorvoerdebiet [l/s]:** Four text input fields: "15", "10", and two empty fields.
- Doorvoerrelatie:** Four dropdown menus: "Vierka...", "Vierka...", "Const...", and "Const...".
- Oppervlakteberging:** A checkbox (unchecked), a text input field, and "[mm]".
- Buttons:** "Done!" and "Execute".

*Figuur 7. Ingeven van de gebiedskarakteristieken ter berekening van de terugkeerperiode van overstort.*

- 4) Aangeven of er rekening gehouden moet worden met oppervlakteberging, bij het berekenen van het neerslagafstromingsdebiet. Indien de oppervlakteberging wordt meegerekend, moet dit links onderaan in Figuur 7 aangevinkt worden en moet een waarde (in mm) ingegeven worden. Uit de gevalstudies van de Heulen gracht en Maarkedal blijkt dat een oppervlakteberging van 1 à 2 mm meer betrouwbare resultaten geeft.
- 5) Invullen van de runoff-coëfficiënt. Hierbij heeft de gebruiker de keuze tussen een constante waarde of een waarde die maandelijks varieert. Op die manier kunnen de verschillende invloeden op de runoff-coëfficiënt (bodembedekking, bodemruwheid, verzadigingsgraad, ...) toch nog enigszins in rekening gebracht worden. Deze maandelijks variatie moet dan wel zelf bepaald worden en manueel ingevoerd worden. In geval van een constante waarde dient deze ingevuld te worden in de textbox, in geval van een variabele waarde moet de tabel ingevuld worden. Figuur 8.

Runoff-Coëfficiënt

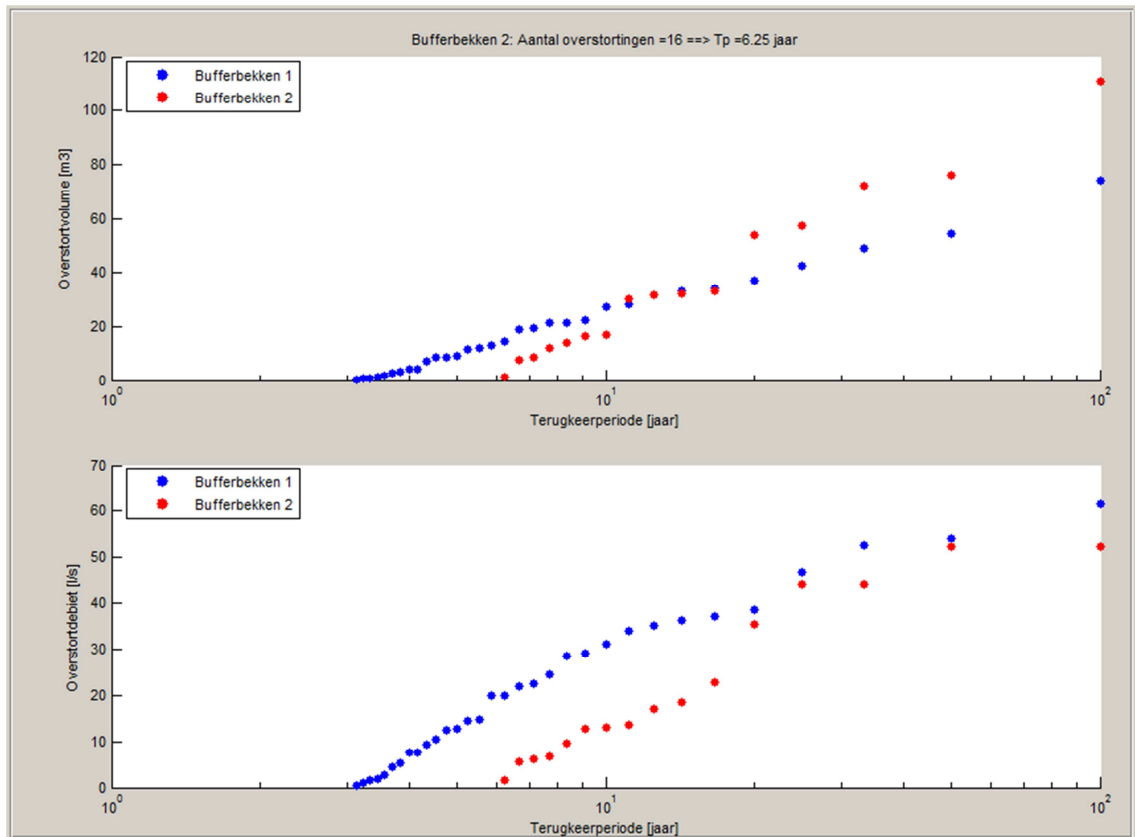
Constant:

Variabel:

	Maand	Runoff-Coëf. [-]	Maand	Runoff-Coëf. [-]
	1	0	7	0
	2	0	8	0
	3	0	9	0
	4	0	10	0
	5	0	11	0
	6	0	12	0

*Figuur 8. Ingeven runoff-coëfficiënt, met een keuze tussen een constante waarde en een maandelijks variërende waarde.*

Wanneer de vijf stappen doorlopen zijn, kunnen de berekeningen gestart worden door op de "Execute"-button te klikken. De 100 jarige Ussel neerslagreeks zal dan doorgerekend worden in het continue neerslagafstromingsmodel en het model van het bufferbekken. De resultaten worden getoond in de grafieken in het rechtse gedeelte. De bovenste grafiek toont de terugkeerperiode van overstort en het bijhorende volume (in  $m^3$ ), terwijl in de onderste grafiek de maximale overloopdebieten (in l/s) uitgezet zijn in functie van de terugkeerperiode. Zowel de overstortvolumes als de maximale overloopdebieten zijn gerangschikt van groot naar klein. Dit houdt niet expliciet in dat een overloopvolume met een bepaalde terugkeerperiode ook leidt tot een maximaal overloopdebiet met dezelfde terugkeerperiode! Bovenaan de grafiek wordt ook aangegeven hoe dikwijls het meest afwaartse bufferbekken zal overlopen en de bijhorende terugkeerperiode (in jaar). (Figuur 9). Met behulp van de knoppen in de werkbalk links bovenaan (zie ook Figuur 10) kan men respectievelijk inzoomen, uitzoomen, verslepen en de waarden aflezen.



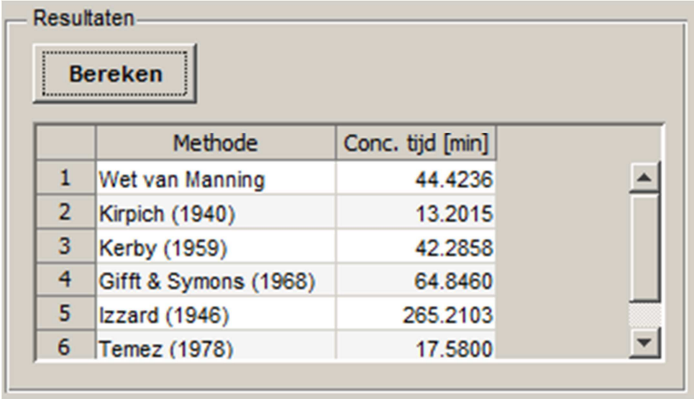


## 4 Concentratietijd

In de twee voorgaande berekeningen werd telkens gevraagd naar de concentratietijd van het afstromingsgebied. Er zijn verschillende (vooral) empirische methodes voorhanden om de concentratietijd van een toestroomgebied te berekenen. In het derde gedeelte van het rekeninstrument kan de concentratietijd uitgerekend worden met al deze methodes en onderling vergeleken worden. Hiervoor moeten een aantal parameters ingevuld worden:

- 1) Gebiedsspecifieke parameters:
  - Afstroomafstand L in m: de maximale afstand die het regenwater moet afleggen om tot aan het bufferbekken te geraken.
  - Helling van het terrein S in m/m
  - Netto neerslag i in mm/h: d.i. de neerslag die aanleiding geeft tot oppervlakteaftroming
  - Runoff-coëfficiënt  $\phi$ . Waarden hiervoor kunnen gevonden worden in de tabellen in bijlage B.
- 2) Methode specifieke parameters. Hiervoor wordt verwezen naar deel 3.3.6 van het verslag bij de studie, waar de verschillende formules eveneens opgelijst staan.

Wanneer deze parameters ingevuld zijn, kunnen de concentratietijden berekend worden door op de 'Berekenen' knop te klikken. Wanneer niet alle parameters horende bij een bepaalde methode ingevuld zijn, zal hiervoor geen resultaat berekend worden. Het resultaat van de berekeningen kan in de tabel links onderaan gevonden worden.



	Methode	Conc. tijd [min]
1	Wet van Manning	44.4236
2	Kirpich (1940)	13.2015
3	Kerby (1959)	42.2858
4	Giff & Symons (1968)	64.8460
5	Izzard (1946)	265.2103
6	Temez (1978)	17.5800

Figuur 11. Resultaten berekening concentratietijd

## 5 Doorvoerdebiet

Het doorvoerdebiet van een bufferbekken kan berekend worden met behulp van eenvoudige formules. De formules voor een dunwandige opening en voor een leiding die onder druk stroomt zijn opgenomen in het rekeninstrument. In geval van een wervelventiel is het doorvoerdebiet constant en gekend op basis van de specificaties van de fabrikant.

Het debiet door een dunwandige opening (bijvoorbeeld een leiding, met een knijpplaat) volgt uit de volgende formule:

$$Q = C_d \cdot A_0 \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h} = C_d \cdot \left( \frac{\pi \cdot D^2}{4} \right) \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \quad (1)$$

Hierin is:

- $C_d$ : een debietscoëfficiënt die standaard ingesteld is op een waarde van 0.8. Deze kan manueel aangepast worden.
- $A_0$ : de oppervlakte van de opening
- $D$ : de diameter van de opening
- $g$ : de gravitaire versnelling, nl.  $9.81 \text{ m/s}^2$
- $h$ : het maximale waterpeil in het bufferbekken, t.o.v. het middelpunt van de opening.

Het debiet door een leiding die onder druk stroomt (bijvoorbeeld een rioolbuis, wanneer deze volledig gevuld is) kan berekend worden via de wet van Bernoulli:

$$\Delta h = K \cdot Q^2 \cdot L$$

Met:

$$K = 10.294 \cdot \frac{n^2}{D^{16/3}}$$

En na omvorming wordt dit:

$$Q = \sqrt{\Delta h / (K \cdot L)} \quad (2)$$

Hierin is:

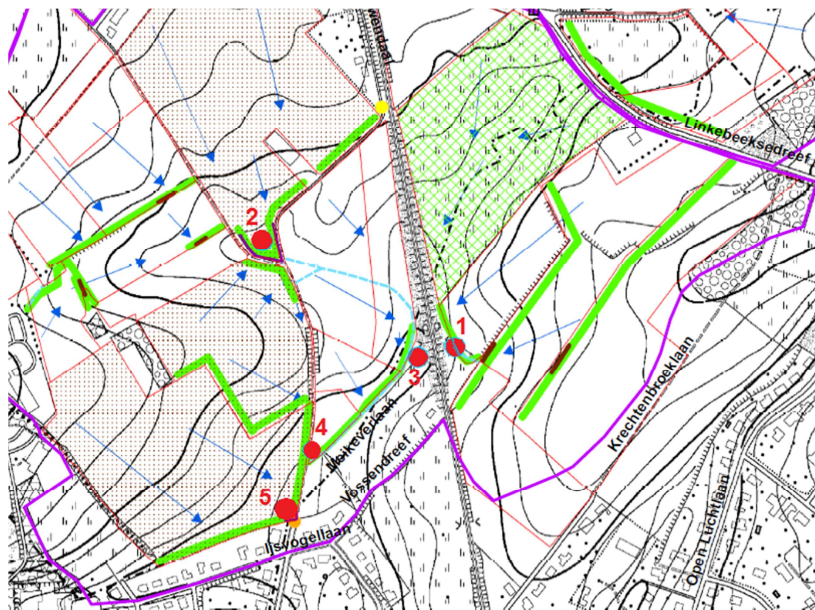
- $\Delta h$ : het verschil tussen de waterpeilen aan beide kanten. Voor de eenvoud kan verondersteld worden dat dit verschil gelijk is aan het maximale waterpeil in het bufferbekken.
- $L$ : de lengte van de leiding
- $K$ : het ladingsverlies over de lengte van de leiding
- $n$ : de manning coëfficiënt van het materiaal waaruit de leiding gemaakt is. Voor rioolbuizen (staal, beton of geasfalteerd) is dit  $0.013 \text{ s/m}^{1/3}$ .
- $D$ : de diameter van de leiding.

## 6 Enkele praktijkvoorbeelden

Ter verduidelijking bij het gebruik van het rekeninstrument worden in dit hoofdstuk nog enkele gevalstudies behandeld.

### 6.1 Knelpunt gebied Boesdaal

Voor het knelpuntgebied Boesdaal zal enkel gekeken worden naar bufferbekken nr. 5 (zie Figuur 12). Op basis van DOV en onderstaande figuur kan nagenoeg alle benodigde informatie over het afstroomgebied afgeleid worden. Het gebied heeft een oppervlakte van ca. 9.3 ha, een helling van  $20 \text{ m} / 290 \text{ m} = 0.069 \text{ m/m}$  en het wordt voornamelijk gebruikt als akkerland. Uit de ontwerpplannen van bufferbekken 5 kan verder nog afgeleid worden dat het een volume heeft van  $1250 \text{ m}^3$ , een maximaal waterpeil van 0.9 m en een knijpopening van 150 mm. Tot slot kan nog aangegeven worden dat de provincie Vlaams-Brabant bij het ontwerp uitgaat van een runoff-coëfficiënt van 0.6.



*Figuur 12. Topografische kaart knelpuntgebied Boesdaal, met afstromingsrichtingen (blauwe pijlen) en erosie maatregelen (grasbufferstroken (groen) en bufferbekkens (rood))*

#### 6.1.1 Concentratietijd

Als initiële waarden voor de berekening van de concentratietijd kan vertrokken worden van: een afstromingsafstand  $L$  van 300 m, een terreinhelling  $S$  van 0.07 m/m, een nettoneerslag  $i$  van 60 mm/h en een runoff-coëfficiënt van 0.6. Voor de methode specifieke parameters geldt: Manningcoëfficiënt van 0.25 (akker), een vertragscoëfficiënt van 0.2 (ruw bodemoppervlak) en een retardatiefactor van 88. De resultaten van de verschillende berekeningsmethoden zijn samengevat in Figuur 13. Er is een duidelijke spreiding zichtbaar op de waarde van de concentratietijd, tussen 5 en 38

minuten. Er zal daarom verder gerekend worden met een gemiddelde waarde van 20 minuten.

	Methode	Conc. tijd [min]
1	Wet van Manning	37.1306
2	Kirpich (1940)	4.2729
3	Kerby (1959)	20.3270
4	Giff & Symons (1968)	15.4699
5	Temez (1978)	12.9432
6	SCS methode	37.6949

Figuur 13. Resultaten berekening concentratietijd bufferbekken 5.

### 6.1.2 Benodigd buffervolume

In het eerste tabblad van de tool kan nagegaan worden welk volume de continue methode aanraadt voor bufferbekken 5, voor een bepaalde terugkeerperiode. Hiervoor dient het volgende ingevuld te worden in de overeenkomstige vakjes:

- Concentratietijd: 20 minuten (zie hierboven)
- Runoff-Coëfficiënt: 0.6 (cfr. de aannames van de provincie)
- Curve Number van 84 of 88 (afhankelijk van de toestand van het oppervlak)
- Het maximale doorvoerdebiet kan gevonden worden via vergelijking (1) voor knijpopeningen: 60 l/s (met een debietscoëfficiënt van 0.8)
- Oppervlakte: 9.3 ha
- Doorvoerrelatie: via een vierkantswortel verband
- Buiduur: 20 minuten (gelijk aan de concentratietijd)

Nadat alles ingevuld is en er op de 'Berkenen'-knop geklikt is, zouden de resultaten moeten overeenkomen met de waarden in de tabel hieronder.

Tp [jaar]	Afstromingsvolume [m <sup>3</sup> /ha]			Benodigd buffervolume [m <sup>3</sup> /ha]			
	Rationele Methode	SCS-methode	Aangepaste SCS-meth.	Rationele Methode	SCS-methode	Aangepaste SCS-meth.	Continue methode
1	65.3	0.3	4.2	57.5	0	0	80.5
2	80.9	2.8	14.9	73.1	0	7.2	104.3
5	101.8	9.5	32.7	94.0	1.8	25.0	142.2
10	117.6	16.9	48.7	109.9	9.2	41.0	177.3
20	133.5	25.9	67.0	125.8	18.2	59.3	204.7

### 6.1.3 Terugkeerperiode van overloop

Aangezien bufferbekken 5 al ontworpen is, kan met behulp van het tweede tabblad van de rekentool nagegaan worden wat de terugkeerperiode van overloop is, volgens de continue simulatie methode. De volgende gegevens dienen hiervoor ingevuld te worden:

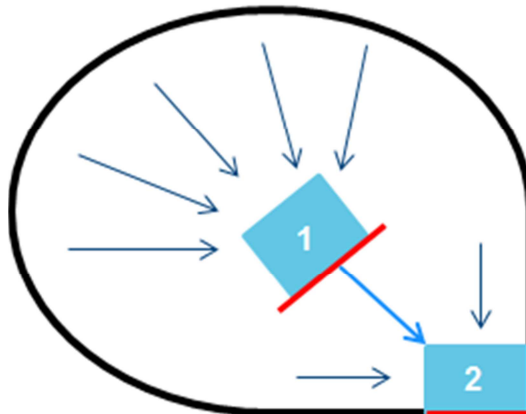
- Neerslagreeks: huidig klimaat
- Aantal bufferbekkens: 1 (aanvinken van serie of parallel heeft hier bijgevolg geen effect)
- Concentratietijd: 20 min
- Toestroomoppervlakte: 9.3 ha
- Bergingsvolume: 1250 m<sup>3</sup>

- Knijphoogte: 0 % (De knijpleiding bevindt zich volledig onderaan in de dam)
- Doorvoerdebiet: 60 l/s (dit is het maximale debiet, bij een volledig gevuld bufferbekken)
- Doorvoerrelatie: vierkantswortel
- Oppervlakteberging: 1 mm (waarden tussen 0 en 2 mm zijn realistisch)
- Runoff-coëfficiënt: constant met een waarde van 0.6 (cfr. de aannames van de provincie Vlaams-Brabant)

Door op de 'Berekenen'-knop te klikken wordt de 100 jarige Ukkel neerslagreeks nu doorgerekend. Dit leidt tot een totaal van 21 overstortingen, wat over een periode van 100 jaar overeenkomt met een terugkeerperiode van 4.76 (= 100 / 21) jaar. Voor elk van deze overstortgebeurtenissen wordt het overgestorte volume (in totale m<sup>3</sup>) geplot in de bovenste grafiek. Deze volumes zijn hier gerangschikt van groot naar klein, waardoor het grootste volume een terugkeerperiode van overstort van 100 jaar (=100 / 1) krijgt.

## 6.2 Meerdere bufferbekkens

In een tweede voorbeeld zal een hypothetisch voorbeeld bekeken worden van een stroomgebiedje waarin twee bufferbekkens gebouwd zijn (zie Figuur 14). Het meest opwaartse bufferbekken (met een volume van 1300 m<sup>3</sup> en een maximaal doorvoerdebiet van 60 l/s) heeft een toestroomoppervlakte van ca. 10 ha en een bijhorende concentratietijd van 20 minuten. Het afwaartse bufferbekken (1000 m<sup>3</sup> en 50 l/s) heeft een toestroomoppervlakte van slechts 4 ha, met een concentratietijd van 10 minuten, en ontvangt ook nog het doorvoer- en overloopdebiet van het meer opwaarts gelegen bufferbekken.



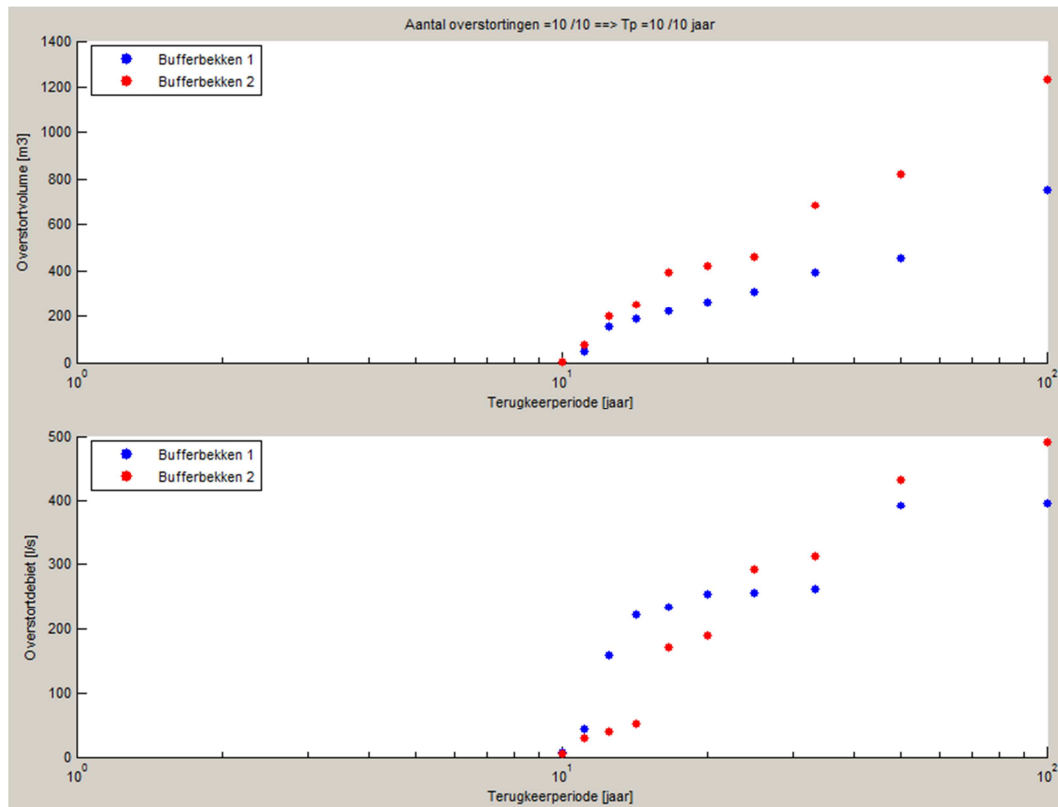
*Figuur 14. Schematische voorstelling van stroomgebiedje met twee bufferbekkens*

Om de terugkeerperiode van overloop van beide bufferbekkens te kennen dienen de gegevens als volgt ingevuld te worden. Hierbij verwijst het eerste getal telkens naar bufferbekken 1 en het tweede naar bufferbekken 2.

- Aantal bufferbekkens: 2 in serie (aangezien het doorvoer- en overloop debiet van het eerste naar het tweede bufferbekken stroomt).
- Concentratietijd: 20 minuten voor bekken 1 en 10 minuten voor bekken 2.
- Toestroomoppervlakte: 10 ha en 4 ha
- Bergingsvolume: 1300 m<sup>3</sup> en 1000 m<sup>3</sup>
- Knijphoogte: beiden 0 %
- Doorvoerdebiet: 60 l/s en 50 l/s, met beiden een vierkantswortel doorvoerrelatie

- Oppervlakteberging van 2 mm
- Constante runoff-coëfficiënt van 0.5.

Na doorrekenen van de 100 jaar Ukkel neerslagreeks levert dit voor beide bufferbekkens een terugkeerperiode op van 10 jaar (zie Figuur 15)



Figuur 15. Overloopvolumes en –piekdebieten voor de twee bufferbekkens uit Figuur 14.

## 7 Referenties

Chow, V.T., 1964. "Handbook of applied hydrology; a compendium of water-resources technology". McGraw-Hill, New York, 1494 p.

De Smedt, F., 1999. "Two- and three dimensional flow of groundwater", Chapter 3 in J.W. Delleur (ed.), The Handbook of Groundwater Engineering, CRC Press, 3.1-3.27.

De Smedt, F., 2006. "Two- and three dimensional flow of groundwater", Chapter 4 in J.W. Delleur (ed.), The Handbook of Groundwater Engineering - second edition, CRC Press, 4.1-4.36.

MathWorks. 2010. MATLAB Help documentation [Version 2010a]. United States of America, The MathWorks software.

Vandekerckhove, L., Swerts, M., Leyman, N., Mennens, K., Neven, H., Desmet, J., De Vrieze, M., 2001. "Code van goede praktijk voor het opmaken van een gemeentelijk erosiebestrijdingsplan", D/2001/3241/252, Vlaamse Overheid, AMINAL, Afdeling Land, 83 p.

Viessman, W., Lewis, G.L., 2003. "Introduction to hydrology", Fifth Edition, Prentice-Hall.

Willems, P., 2011. "Evaluatie en actualisatie van de IDF-neerslagstatistieken te Ukkel", Aanvulling bij de studie "Actualisatie en extrapolatie van hydrologische parameters in de nieuwe Code van Goede Praktijk voor het Ontwerp van Rioleringsystemen (KU Leuven voor VMM, sept. 2009)", oktober 2011, 14 p.





## Bijlage A: Waarden voor CN en cn' (curve number)

Tabel 1. CN-waarde in functie van type landgebruik of gewas, de teelttechniek en het type hydrologische bodemgroep (zie Tabel 2 voor een beschrijving van deze bodemgroepen) (Vandekerckhove et al., 2001)

Landgebruik of gewas	Teelttechniek	Hydrologische toestand	Hydrologische bodemgroep			
			A	B	C	D
<b>Braak</b>	Rechte rij	-	77	86	91	94
<b>Rijgewas</b>	Rechte rij	Slecht	72	81	88	91
	Rechte rij	Goed	67	78	85	89
	Contour	Slecht	70	79	84	88
	Contour	Goed	65	75	82	86
	Terras	Slecht	66	74	80	82
	Terras	Goed	62	71	78	81
<b>Graangewas</b>	Rechte rij	Slecht	65	76	84	88
	Rechte rij	Goed	63	75	83	87
	Contour	Slecht	63	74	82	85
	Contour	Goed	61	73	81	84
	Terras	Slecht	61	72	79	82
	Terras	Goed	59	70	78	81
<b>Dichtgezaaide leguminosen of weiderotatie</b>	Rechte rij	Slecht	66	77	85	89
	Rechte rij	Goed	58	72	81	85
	Contour	Slecht	64	75	83	85
	Contour	Goed	55	69	78	83
	Terras	Slecht	63	73	80	83
	Terras	Goed	51	67	76	80
<b>Begraasde weide</b>		Slecht	68	79	86	89
		Matig	49	69	79	84
		Goed	39	61	74	80
	Contour	Slecht	47	67	81	88
	Contour	Matig	25	59	75	83
	Contour	Goed	6	35	70	79
<b>Permanente weide</b>		Goed	30	58	71	78
<b>Bos</b>		Slecht	45	66	77	83
		Matig	36	60	73	79
		Goed	25	55	70	77
<b>Erf</b>		-	59	74	82	86
<b>Verharde wegen</b>		-	74	84	90	92

*Tabel 2. Beschrijving van de hydrologische bodemgroepen ter bepaling van de CN-waarde (Vandekerckhove et al., 2001)*

<b>Bodemgroep</b>	<b>Omschrijving</b>
A	Laagste afvoerpotentiaal. Omvat diepe zanden met zeer weinig leem en klei, ook diepe, snel doorlatende löss
B	Matige lage afvoerpotentiaal. Meestal zandige gronden minder diep dan groep A, maar met een meer-dan-gemiddelde infiltratie na grondig natmaken.
C	Matig hoge afvoerpotentiaal. Omvat ondiepe gronden en gronden met aanzienlijke hoeveelheden klei en colloïden, maar minder dan deze van groep D. De bodems hebben een minder-dan-gemiddelde infiltratie na voor-verzadiging.
D	Hoogste afvoerpotentiaal. Meestal kleien met een hoog zwellingspercentage, maar ook ondiepe bodems met bijna ondoordringbare substraten nabij het oppervlak.

## Bijlage B: Waarden runoff-coëfficiënt $\phi$

Tabel 3. Runoff-coëfficiënt  $\phi$  in functie van type landgebruik/vegetatie (afgeleid o.b.v. meerdere bronnen waaronder Chow, 1964, De Smedt, 1999, Vandekerckhove et al., 2001, Viessman & Lewis, 2003, De Smedt, 2006).

Landgebruik	Runoff-coëfficiënt
Verhard	0.8 – 1
Wegen	0.7 – 0.95
Beton	0.8 – 0.95
Geasfalteerd	0.7 – 0.95
Straatstenen	0.7 – 0.85
Daken	0.75 – 0.95
Woonzones	0.3 – 0.7
Villawijk	0.3 – 0.5
Vrijstaande woningen	0.4 – 0.75
Voorstedelijke agglomeratie	0.25 – 0.4
Appartementsgebouwen	0.5 – 0.7
Industriezones	0.5 – 0.9
Verspreid	0.5 – 0.8
Geconcentreerd	0.6 – 0.9
Handelscentra	0.5 – 0.95
Stedelijk	0.7 – 0.95
Gemeentelijk	0.5 – 0.7
Spoorwegen	0.2 – 0.4
Tuinen	0.2 – 0.4
Parken en begraafplaatsen	0.1 – 0.25
Speelvelden	0.2 – 0.35
Weiden	0.1 – 0.6
Akkerland	0.2 – 0.8
Braakliggende gronden	0.1 – 0.3
Boomgaarden-laagstam	0.4 – 0.8
Boomgaarden-hoogstam	0.1 – 0.4
Bos	0.1 – 0.4
Waterpartijen	0 – 0.1

Tabel 4. Runoff-coëfficiënt  $\phi$  in functie van helling en bodemtype voor enkele typen landgebruik/vegetatie (Vandekerckhove et al., 2001).

Landgebruik	Helling	Bodemtype		
		Zand-leem	Klei-leem	Zware klei
<b>Weiden</b>				
	Vlak (0.5% helling)	0.1	0.3	0.4
	Hellend (5-10%)	0.15	0.35	0.55
	Sterk hellend 10-30%)	0.2	0.4	0.6
<b>Akkerland</b>				
	Vlak (0.5% helling)	0.3	0.5	0.6
	Hellend (5-10%)	0.4	0.6	0.7
	Sterk hellend 10-30%)	0.5	0.7	0.8
<b>Bos</b>				
	Vlak (0.5% helling)	0.1	0.3	0.4
	Hellend (5-10%)	0.25	0.35	0.5
	Sterk hellend 10-30%)	0.3	0.5	0.6

Tabel 5. Runoff-coëfficiënt  $\phi$  in functie van neerslagintensiteit en bodemtype voor enkele typen landgebruik/vegetatie (weiden, akkers en bos) (afgeleid van Vandekerckhove et al., 2001). Voor de bodemtypes wordt verwezen naar Tabel 2.

Landgebruik en hydrologische condities	Neerslagintensiteit, voor bodemtype B, in mm/h			Bodemtype, voor neerslagintensiteit 100 mm/h		
	25	100	200	A	C	D
<b>Akkers – gewassen</b>						
Rijgewas, slechte condities	0.63	0.65	0.66	0.58	0.71	0.73
Rijgewas, goede condities	0.47	0.56	0.62	0.48	0.61	0.64
Graangewas, slechte condities	0.38	0.38	0.38	0.33	0.42	0.44
Graangewas, goede condities	0.18	0.21	0.22	0.18	0.23	0.24
<b>Weiden</b>						
Hooiweide (rotatie), goede condities	0.29	0.36	0.39	0.29	0.41	0.42
Graasweide (permanent), goede condities	0.02	0.17	0.23	0.11	0.21	0.22
<b>Bos</b>						
Bos (volgroeid), goede condities	0.02	0.1	0.15	0.05	0.13	0.14

AFDELING HYDRAULICA  
Kasteelpark Arenberg 40 bus 2448  
3001 HEVERLEE (LEUVEN), BELGIË  
tel. + 32 16 32 16 58  
tel. secr. +32 16 32 14 74  
fax + 32 16 32 19 89  
Patrick.Willems@bwk.kuleuven.be  
bwk.kuleuven.be/hydr

