

# Hydrologie voor STONE2.4

## Aanpassingen en verschillen met hydrologie voor STONE2.3

Piet Groenendijk, Joop Kroes, 2011

### Aanleiding

Sinds de toepassing van STONE2.3 zijn enkele tekortkomingen in de simulatie van de hydrologie aan het licht gekomen. Deze tekortkomingen zijn aangepast in de invoerbestanden (schematisering) en in de modelcode van het SWAP model.

#### 1. Schematisering

- Aanpassingen in berekening van gras en akkerbouw
- Aanpassing in verdampingsparameters van natuur
- de aanpassing van de reservoircapaciteit voor de tijdelijke opvang van neerslag in donker naaldhout. Door de instelling van deze parameter kwamen plots voor waarin de jaarlijkse verdamping groter was dan de neerslag. Na de aanpassing van deze parameter is de interceptieverdamping van donker naaldhout in overeenstemming met het resultaat van NHI
- "akkerbouw" in STONE is een modelgewas dat is samengesteld uit een combinatie van 22 gewassen en gewasgroepen. In de hydrologie voor STONE werd "akkerbouw" beschreven door een groei en verdamping van een aardappelgewas. Om meer recht te doen aan de karakteristiek van het gemengde akkerbouwgewas in STONE is de plant- en opkomstdatum in de hydrologie met 1 maand vervroegd. Dit bleek van belang voor maatregelen waarin de bemesting wordt verplaatst van het najaar naar het voorjaar en waarin de bemesting enkele weken eerder of later wordt geplaatst. Om voor de extra verdamping als gevolg van het langere groeiseizoen te compenseren is de gewasfactor met 10% naar beneden bijgesteld.
- In de rekenprocedure werd gecontroleerd of de grondwaterstand geen lange termijn dalende of stijgende trend vertoont, omdat de grondwaterstand onder het modelprofiel van 13 meter diep uitzakt. In deze procedure zat een "bug" waardoor in enkele gevallen een foutieve beginschatting voor de grondwaterstand werd gekozen. Deze bug is herstelt.
- In de bepaling van de Gt op basis van gesimuleerde grondwaterstandsreeksen zat een foutieve aanname voor de gemiddelde grondwaterstand in het zomer-halfjaar en het winter-halfjaar

#### 2. Modelcode SWAP

- Aanpassingen in de kale grondverdamping en gewasverdamping als gevolg van een bug bij het inlezen van optionele invoer voor "soil cover" en "crop height"
- Het herstel van twee coderingsfouten in het SWAP-model in de module waarin drainagewater verdeeld wordt met de diepte. De eerste fout leidde tot een onjuiste indeling in zgn. modelafvoerlagen en de tweede fout had tot gevolg dat bij het inschakelen van een ondiep drainagesysteem, welke de stroming over, door en net onder het maaiveld representeert, werd onbedoeld een andere optie ingeschakeld waarmee de stroming naar het oppervlaktewater tot een bepaalde diepte werd beperkt. In enkele STONE-plots (waaronder Krimpenerwaard) hadden deze coderingsfouten sterke gevolgen voor het transport van nitraat, stikstof en fosfaat naar grond- en oppervlaktewater.
- Nieuwe versie. De hydrologie voor STONE2.3 was berekend met SWAP-versie 3.03. Deze versie wordt niet meer onderhouden omdat het gebreken vertoonde en in bepaalde simulaties onstabiel was. Daarnaast zijn in SWAP enkele modules doorontwikkeld waardoor het model beter toepasbaar is voor praktijk situaties. De manier waarop SWAP versie 3.03 omging met de grondwaterstand in en net onder het maaiveld gaf vaak stabiliteitsproblemen die met de veel robuustere SWAP3.2 versie zijn opgelost. Ook bevat

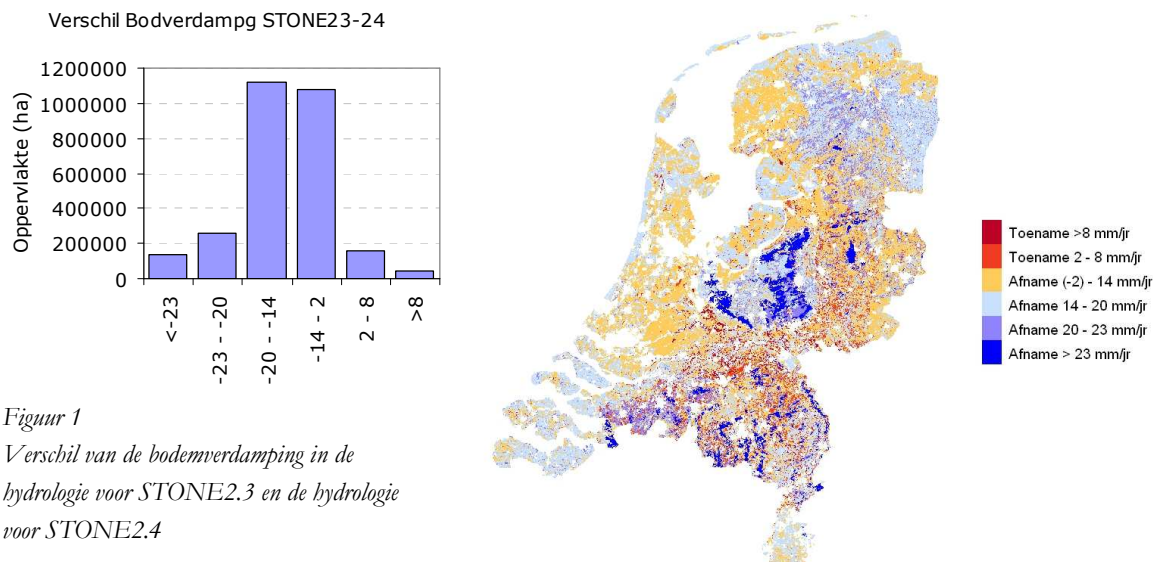
SWAP3.2 een module voor stroming in macroporiën, welke in het modelsysteem voor uitspoeling van bestrijdings-middelen wordt ingezet (GeoPearl). STONE en GeoPearl blijven beter consistent als de hydrologie voor STONE wordt berekend met SWAP3.2.

### Analyse van de verschillen van hydrologie voor STONE2.3 en voor STONE2.4

De aanpassingen hebben een geringe verschuiving van balansposten in de langjarig gemiddelde nationale waterbalans tot gevolg. De grootste verschuiving treedt op in de bodemverdamping. Dit heeft oa te maken met een aanpassing verdampings-parameters voor natuur en een langer groeiseizoen van het modelgewas "akkerbouw"

Tabel 1. De nationale waterbalans van de STONE-hydrologie:

Balanstermen in mm/jr	STONE2.3	STONE2.4	Abs Verschil
Neerslag	796	796	0
Irrigatie	6	5	1
Infiltratie	19	19	0
Kwel	93	94	1
VerdampingGewas	-271	-273	2
VerdampingInterc	-73	-73	0
VerdampingBodem	-153	-139	14
Runoff	-10	-9	1
Drainage	-306	-311	5
Wegzijing	-101	-101	0

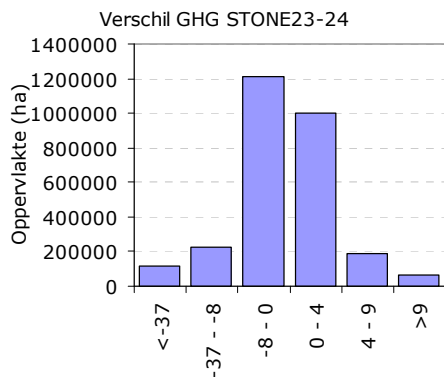


De veranderingen hebben ook gevolgen voor de berekende grondwaterstand. De hydrologie voor STONE2.3 is getoetst aan grondwatertrap- en grondwaterdynamiek-kaarten. Aangezien dit een omvangrijke inspanning vergde is deze vergelijking niet herhaald voor de hydrologie voor STONE2.4. In plaats daarvan is een vergelijking gemaakt met de oude versie. De kruis-tabel 2 geeft de oppervlakten weer van STONE-plots die in dezelfde grondwatertrap gebleven zijn en

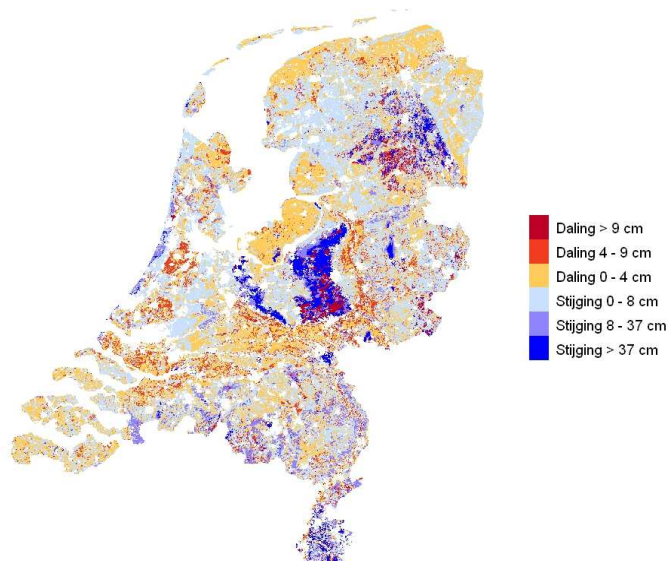
van STONE-plots die één of meerdere klassen zijn verschoven. In enkele gevallen is de verschuiving meer dan één klasse. Dit is te wijten aan de bug in de procedure om te controleren of de grondwaterstand een lange termijn trend vertoont waarbij een foutieve beginschatting werd gekozen.

Tabel 2. Vergelijking van oppervlakten in STONE23 en STONE24 voor de grondwatertrappen

		Grondwatertrappen in Stone2.4											
		I	II	II*	III	III*	IV	V	V*	VI	VII	VII*	
Grondwatertrappen in Stone2.3	I	70325	4175				550						
	II	1406	175525	1781	681		800						
	II*		113	24881			338						
	III		1050		153831	6269	531			469	169		
	III*			931	7000	69794	11631		1425				
	IV			456		3413	159681			1931			
	V				2988			67794	15075	644			
	V*					5113		1919	123813	8456			
	VI					450	12044		12063	743100	48344		
	VII						744			32481	576000	8975	
	VII*										44288	404100	

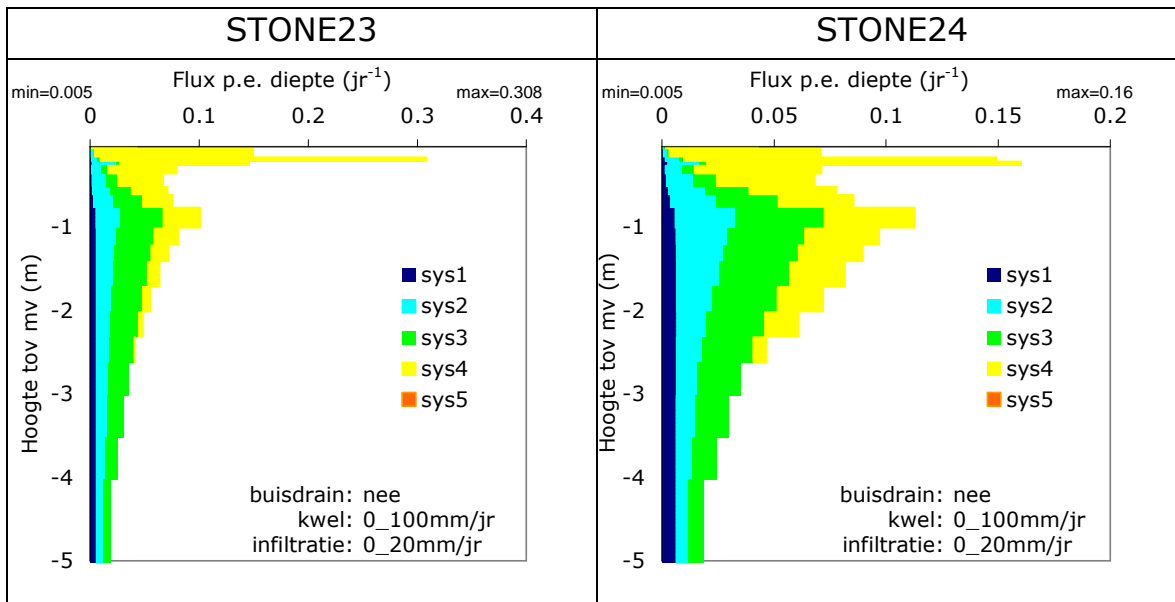


Figuur 2  
Vershil van de GHG in de hydrologie voor  
STONE2.3 en de hydrologie voor STONE2.4



Een nieuw onderdeel in de analyse van hydrologische berekeningen vormt het visualiseren van de relatie tussen grondwater en oppervlaktewater in de vorm van afvoerfluxen als functie van de diepte. De langjarig gemiddelde waterafvoer per drainagesysteem wordt in een grafiek weergegeven als flux per eenheid diepte. In een dergelijk grafiek is te zien op welke diepte het water naar het oppervlaktewater stroomt en wat de bijdrage per systeem is aan de afvoer.

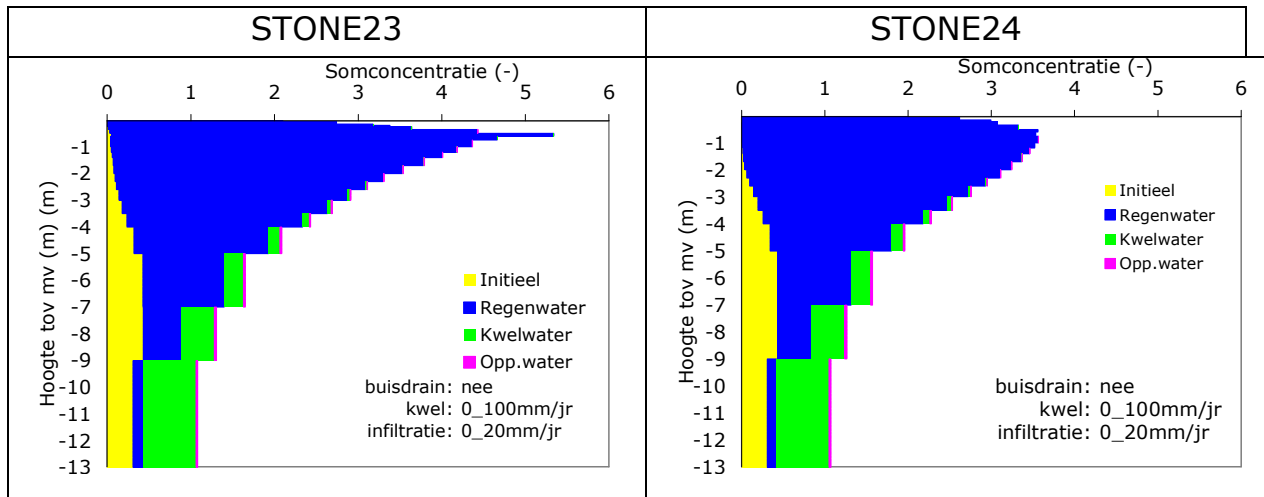
Figuur 3 Langjarig gemiddelde waterafvoer van verschillende drainagesystemen als functie van de diepte voor gronden zonder buisdrains, met een geringe kwel (0-100 mm jr<sup>-1</sup>) en geen infiltratie uit het oppervlaktewater. Links en rechts zijn de resultaten gegeven voor en na de bugfix in het SWAP-model ten aanzien van de aansturing van verdeling van drainagewater met de diepte. Let op: de schaal van assen verschilt in de linker en rechter figuur.



In de hydrologie voor STONE2.3 deed zich het verschijnsel voor dat op geringe diepte (ca. 30 cm-m.v.) een relatief groot aandeel drainagewater naar het oppervlaktewater stroomde. De N- en P-belasting van het oppervlaktewater werd dus relatief sterk beïnvloed door de concentraties op die diepte. In de rechter figuur is het effect van de greppelafvoer nog steeds aanwezig, maar minder sterk dan in de hydrologie voor STONE2.3. De bovenstaande figuren geven het gemiddelde beeld voor een grote groep aan STONE plots. In enkele gebieden was het effect veel sterker dan in deze figuren.

Een andere vorm van visualisering van resultaten geschiedt in de vorm van de verdeling van watertypes als functie van de diepte. Op basis van de hydrologische informatie wordt het uitspoelingsmodel zodanig ingericht dat men een beeld krijgt van de verdeling van neerslagwater, kwelwater, water geïnfiltreerd uit het oppervlaktewater en water dat zich aan het begin van de simulatie in het bodemprofiel bevond. Door de bodemverdamping en de gewasverdamping vindt indikking van regenwater plaats (Fig. 4).

Figuur 4 Verdeling van watertypen met de diepte voor gronden zonder buisdrains, met een gering kwel (0-100 mm jr<sup>-1</sup>) en geen infiltratie uit het oppervlaktewater. Links en rechts zijn de resultaten gegeven voor en na de bugfix in het SWAP-model tav de aansturing van verdeling van drainagewater met de diepte.



Figuur 4 laat zien dat de gewijzigde fluxafvoerverdeling leidt tot een minder grote piek in ingedikt regenwater op 30 cm. Voor het overige zijn de patronen ongeveer gelijk. Verder is te zien dat in gronden met lichte kwel ook na 45 jaar nog water aanwezig is dat aan het begin van de initialisatieperiode in de bodem aanwezig was. Dergelijke informatie geeft inzicht in het belang van een schatting van nitraat- en DOC-concentraties bij het opstarten van het STONE-model.

### Andere onderzochte aspecten

Behalve de bovengenoemde onderwerpen zijn enkele andere aspecten onderzocht ten behoeve van de hydrologie voor STONE2.4. Een motivatie voor dit onderzoek was de discussie over het aandeel van oppervlakkige afstroming en snelle transportroutes aan de belasting van oppervlaktewater. Uit enkele perceelsstudies (DOVE, DYNAQUAL, pilots in Limburg) zou blijken dat deze route een belangrijke bijdrage levert aan de eutrofiëring. Deze vorm van oppervlaktewaterbelasting is wel gemakkelijker te beïnvloeden door specifieke effectgerichte maatregelen dan andere transportroutes. STONE berekent een getal voor deze route, doch op regionale schaal is deze term beperkt.

- het gebruik van uurneerslag in plaats van dagneerslag.
- Het gebruik van een alternatieve waarde voor de verzadigde doorlatendheid van de bovenste bodemlaag, in navolging van de aanpak in de hydrologie voor GeoPearl. Het gevolg hiervan zou zijn een grotere belasting van het oppervlaktewater die op zich wel gemakkelijker te beïnvloeden zou zijn door specifieke maatregelen.
- Het verfijnen van de diepte van de modelkolom. STONE kent een standaard diepte van 13 meter die niet overal recht doet aan de geohydrologische opbouw. In het Westen van Nederland en in de keileemgebieden van Oost- en Noord Nederland zou de diepte van de modelkolom kleiner gekozen moeten worden. Een kleinere kolomdiepte zou kunnen leiden tot een snellere respons van de oppervlaktewater-belasting op bemestingsmaatregelen.

De resultaten van dit onderzoek zijn gerapporteerd in een afzonderlijk (concept-) rapport.

### **Advies werkgroep STONE-hydrologie**

Op 15 februari 2011 zijn leden van de voormalige werkgroep STONE-hydrologie bijeen geweest om de resultaten van hydrologie voor STONE2.4 te bespreken (Van Bakel-onafhankelijk; de Lange - Deltares; Tiktak en Pastoors - PBL; Massop, Kroes – Alterra).

### **Geadviseerd wordt om de op pagina 1 genoemde veranderingen door te voeren in de hydrologie voor STONE2.4.**

#### **Daarnaast wordt geadviseerd om:**

- voor nieuwe versie van STONE, na versie 2.4, aan te sluiten op de resultaten van het nationaal Hydrologisch Instrumentarium
  - de mogelijkheden te onderzoeken om in toekomstige versies het stoftransport in scheurende en zwellende/krimpemde gronden aandacht te geven. Geconstateerd wordt dat in de simulaties van het transport van gewasbeschermingsmiddelen dit fenomeen wel wordt beschreven. De hydrologie voor STONE en de hydrologie voor GeoPearl lopen niet meer samenop.
  - **de genoemde aspecten tav:**
    - o **uurneerslag in plaats van dagneerslag;**
    - o **gebruik van een alternatieve waarde voor de verzadigde doorlatendheid van de bovenste bodemlaag**
    - o **het verfijnen van de diepte van de modelkolom**
- niet in de hydrologie voor STONE2.4 te implementeren, omdat:**
- o het aandeel van oppervlakkige afstroming in de belasting van oppervlaktewater ter discussie staat. In het DYNAQUAL-project zijn de inzichten bijgesteld; in DOVE-zand zijn de resultaten foutief geïnterpreteerd en de opschaling van perceel naar regionale schaal is nog een onderwerp voor achtergrondsonderzoek
  - o het gebruik van uurneerslag nog niet gestandaardiseerd is voor hydrologische modellen. Omdat een arbitraire keuze gemaakt zou moeten worden, zou het verlengen van tijdreeksen met recente jaren zou de toekomst problemen kunnen geven;
  - o het afwijken van de gerapporteerde waarden voor de verzadigde doorlatendheid een arbitraire keuze zou zijn. Voor een goed gefundeerde keuze zou een geheel nieuwe analyse van alle bodemfysische informatie van het Bodemkundig Informatie Systeem nodig zijn;
  - o de methode voor het afleiden van rekenregels voor de verfijning van de diepte van de modelkolom niet helder is en geen rekening houdt met de sterkte van de regionale grondwaterstroming
- deze aspecten nadere aandacht te geven en uit te werken in een volgende versie van de hydrologie voor STONE, gebaseerd op de resultaten van het nationaal hydrologisch instrumentarium
  - hydrologische modelresultaten te analyseren tav de verdeling van de waterafvoer met de diepte, de verdeling van watertypen en de verdeling van leeftijden alvorns ze te gebruiken in uitspoelingsmodellen. Een dergelijke analyse geeft inzicht in de modelmatige beschrijving van

de relatie tussen grond- en oppervlaktewater, de tijdtermijnen waarop effecten zijn te verwachten, en de gevoeligheid voor enkele aannames in het model. Verder draagt het bij aan de "screening" van onlogische modelresultaten.

- De gekozen aanpak voor de beschrijving van de verdamping van akkerbouwgewassen heeft verbetering. Aanbevolen wordt om in een toekomstige versie aan te sluiten op bijv. Agricom.
- Tav de op 15 febr. beschikbare rapportage wordt aanbevolen aandacht te schenken aan de klasse-indeling van GHG/GLG in figuren en kaarten, de oorzaken van de Gt-verandering beter te beschrijven en de klasse-indeling van flux- en concentratieverlopen met de diepte eenduijger (niet automatische schaling) te kiezen.

**Bijlage**

STONE2.3												
Average of Etact	gt											Grand
CROPNAME	I	II	II*	III	III*	IV	V	V*	VI	VII	VII*	Total
grass	453	493	512	504	512	510	510	514	510	514	494	505
grasslrr	0	506	520	525	530	528	527	526	529	533	536	530
maize	293	321	391	386	410	424	404	421	436	440	434	429
maizelrr	0	0	0	355	423	430	0	0	453	460	462	453
maizew	417	423	0	435	427	438	0	442	0	0	0	425
nat_forestDec	388	460	536	514	554	557	570	577	586	588	574	567
nat_forestPin	0	0	0	0	0	0	0	604	619	606	589	597
nat_forestSpr	0	0	0	0	763	0	0	774	773	775	726	739
nature_grass	412	479	503	498	504	508	505	511	515	513	491	501
nature_heather	0	399	0	0	0	0	0	468	477	459	448	453
potatlrr	0	0	456	446	0	466	0	469	472	474	477	473
potatoes	266	372	440	430	448	451	443	464	469	470	453	463
potatow	307	404	0	439	0	470	0	0	0	0	0	385
Grand Total	426	475	482	495	485	478	512	500	493	498	517	495

STONE2.4												
grass	454	486	507	497	508	506	502	511	505	506	491	500
grasslrr	0	480	492	494	496	495	499	496	499	504	502	500
maize	0	324	392	388	413	426	411	425	439	445	438	433
maizelrr	0	0	0	359	425	433	0	0	456	463	465	456
maizew	430	430	0	440	435	456	0	451	450	0	0	436
nat_forestDec	361	437	519	497	538	545	551	562	572	573	562	551
nat_forestPin	0	0	0	0	0	0	0	592	606	597	581	590
nat_forestSpr	0	0	0	0	726	0	0	758	741	734	714	723
nature_grass	419	478	506	499	505	508	505	513	517	515	493	503
nature_heather	0	410	0	0	0	0	0	477	482	469	453	459
potatlrr	0	0	440	446	455	459	402	468	466	467	465	465
potatoes	273	366	430	419	441	448	436	453	463	465	448	458
potatow	254	386	0	424	0	462	0	0	0	0	0	398
Grand Total	430	470	480	490	482	473	507	496	488	494	506	489

Verschillen (STONE2.4-STONE2.3)												
grass	2	-7	-5	-6	-4	-4	-8	-4	-5	-7	-4	-5
grasslrr	0	-26	-28	-31	-34	-32	-28	-29	-30	-30	-34	-31
maize	-293	2	1	2	4	2	7	3	3	5	4	4
maizelrr	0	0	0	3	2	4	0	0	3	3	3	3
maizew	13	7	0	5	8	19	0	9	450	0	0	11
nat_forestDec	-27	-23	-17	-17	-16	-12	-19	-14	-14	-15	-13	-15
nat_forestPin	0	0	0	0	0	0	0	-12	-13	-9	-8	-7
nat_forestSpr	0	0	0	0	-37	0	0	-17	-32	-42	-12	-16
nature_grass	7	-2	3	1	1	0	-1	1	2	2	2	2
nature_heather	0	11	0	0	0	0	0	9	4	9	5	6
potatlrr	0	0	-16	-1	455	-7	402	-1	-6	-7	-12	-7
potatoes	7	-5	-9	-11	-7	-3	-7	-11	-5	-5	-5	-5
potatow	-53	-19	0	-15	0	-8	0	0	0	0	0	12
Grand Total	4	-5	-3	-5	-4	-5	-5	-3	-5	-4	-12	-5

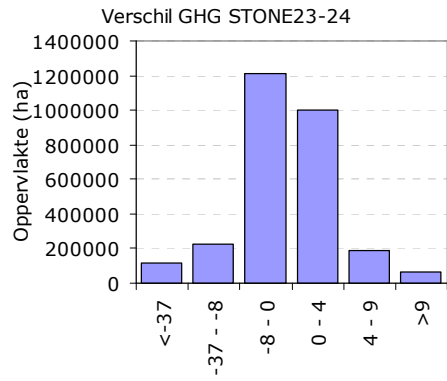


**Vergelijking van het aantal plots in STONE23 en STONE24 voor de grondwatertrappen**

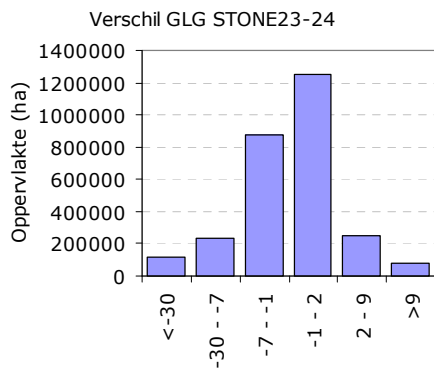
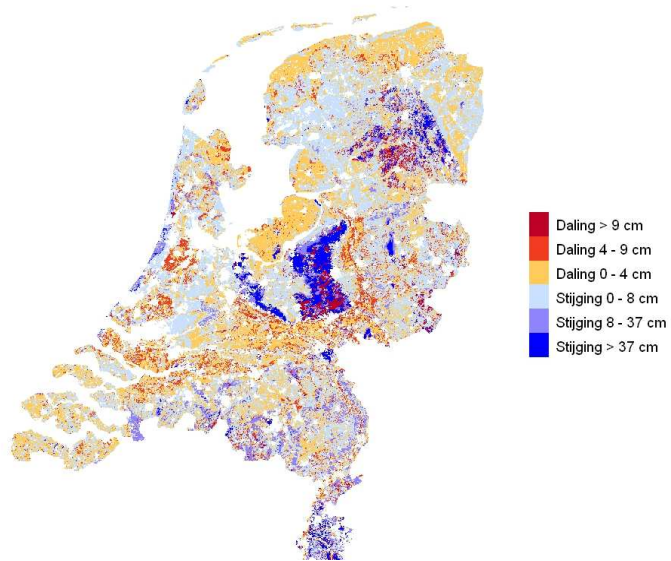
		Gt (Stone2.4_20101214)										
		I	II	II*	III	III*	IV	V	V*	VI	VII	VII*
Gt (Stone2.3; EMW2007)	I	106	10				3					
	II	4	345	4	4		4					
	II*		1	77			1					
	III		2		358	20	2			2	1	
	III*			4	17	221	27		4			
	IV			2		6	423				5	
	V				8			174	42	3		
	V*					16		10	372	33		
VI					1	39		26	1732	93		
VII						2			82	1264	13	
VII*										91	751	

**Vergelijking van arealen in STONE23 en STONE24 voor de grondwatertrappen**

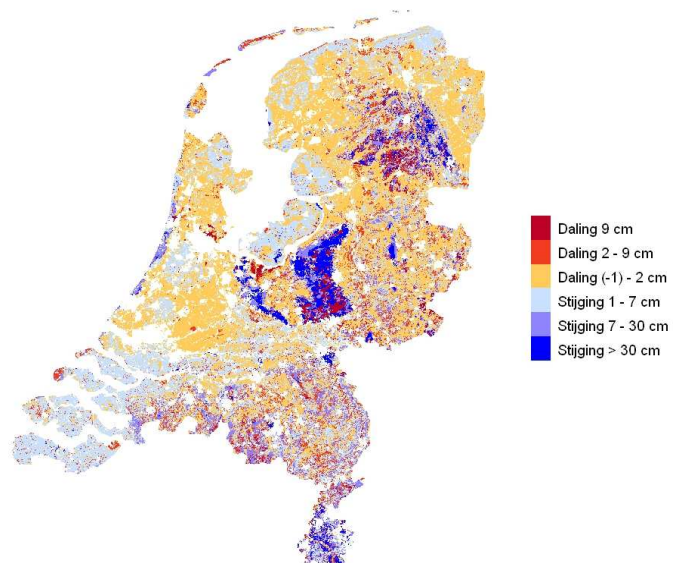
		Gt (Stone2.4_20101214)										
		I	II	II*	III	III*	IV	V	V*	VI	VII	VII*
Gt (Stone2.3; EMW2007)	I	70325	4175				550					
	II	1406	175525	1781	681		800					
	II*		113	24881			338					
	III		1050		153831	6269	531			469	169	
	III*			931	7000	69794	11631		1425			
	IV			456		3413	159681				1931	
	V				2988			67794	15075	644		
	V*					5113		1919	123813	8456		
VI					450	12044		12063	743100	48344		
VII						744			32481	576000	8975	
VII*										44288	404100	

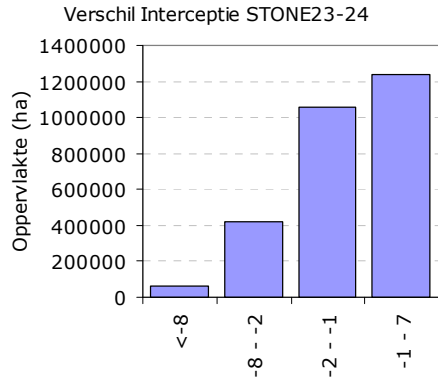


*Figuur 1*  
 Verschil van de GHG in de hydrologie voor STONE2.3 en de hydrologie voor STONE2.4

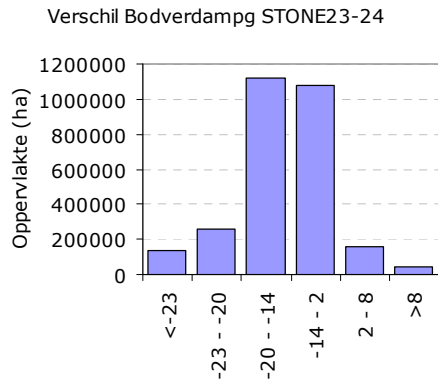
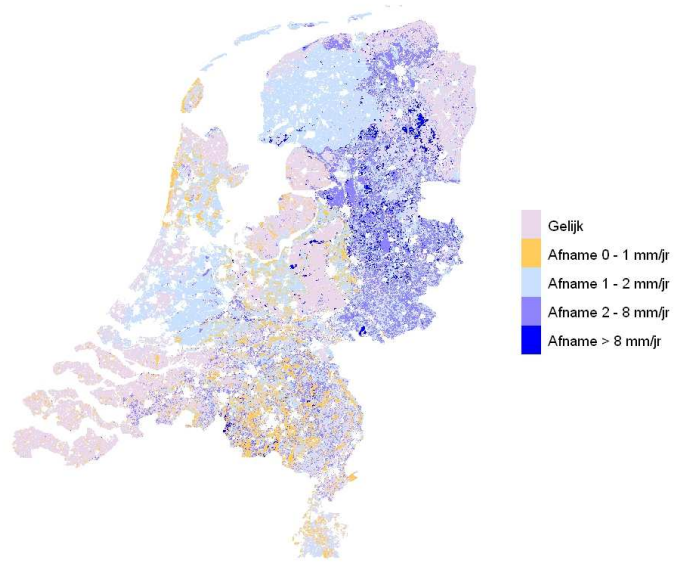


*Figuur 2*  
 Verschil van de GLG in de hydrologie voor STONE2.3 en de hydrologie voor STONE2.4

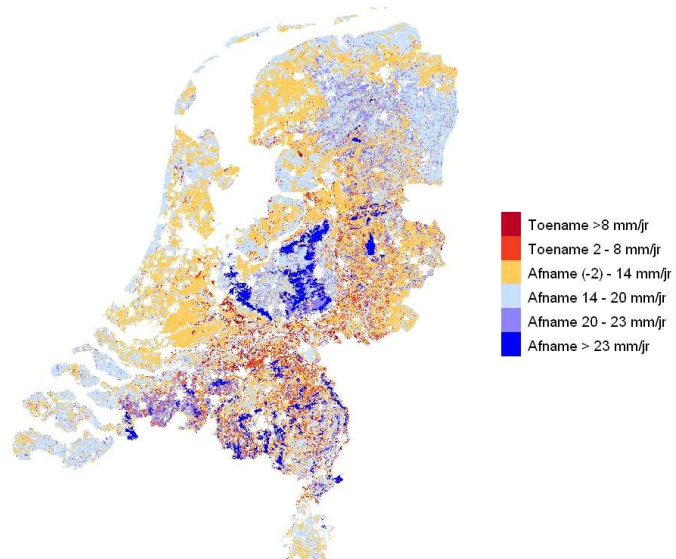


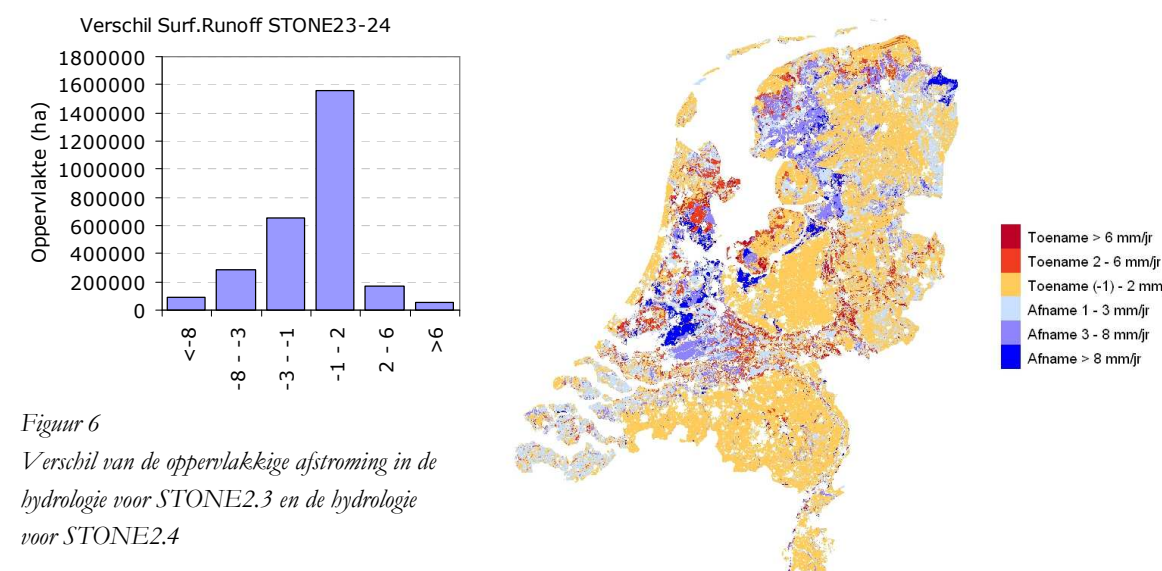
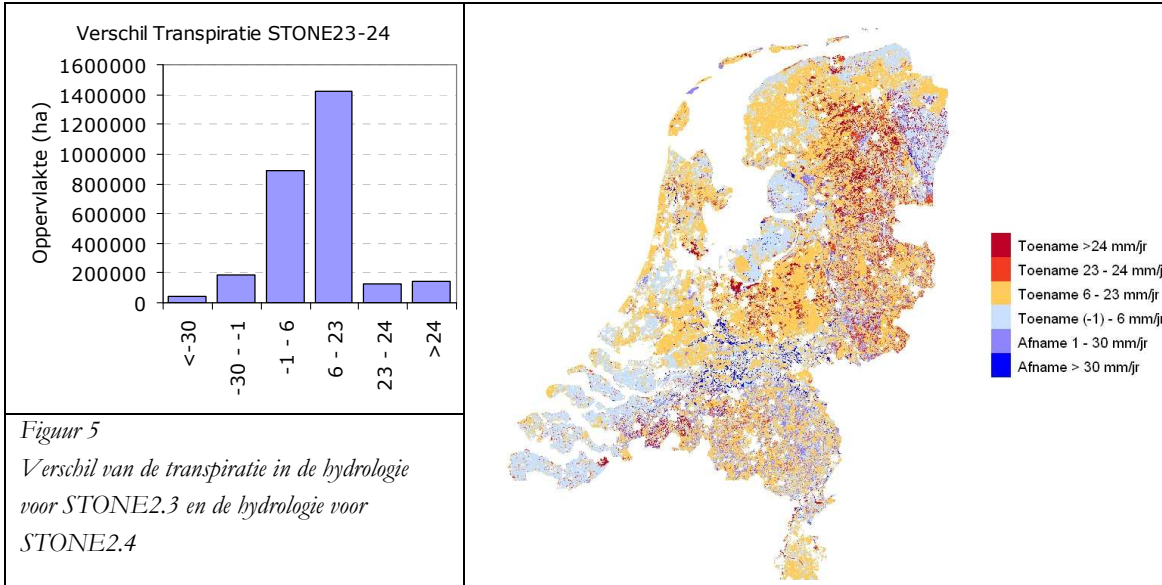


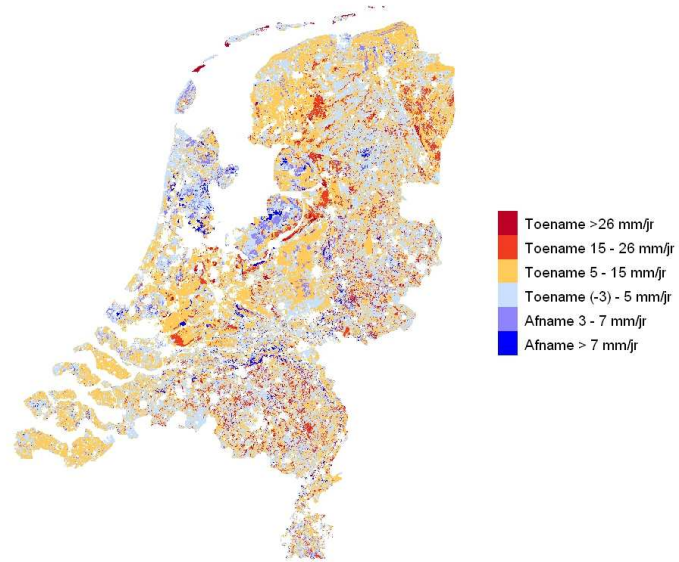
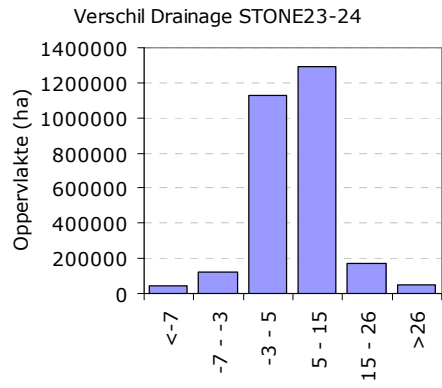
Figuur 3  
Verschil van de interceptie in de hydrologie voor STONE2.3 en de hydrologie voor STONE2.4



Figuur 4  
Verschil van de bodemverdamping in de hydrologie voor STONE2.3 en de hydrologie voor STONE2.4

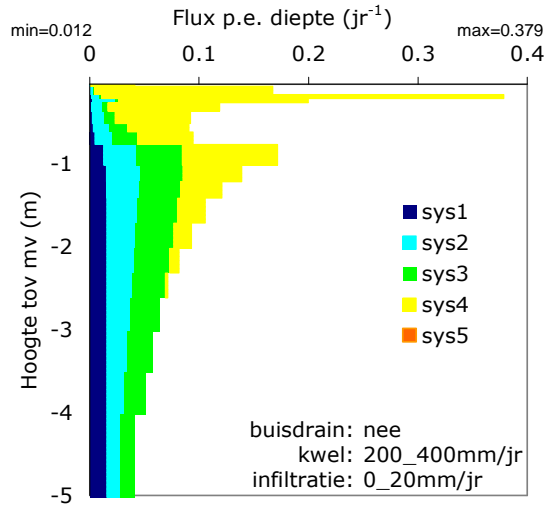




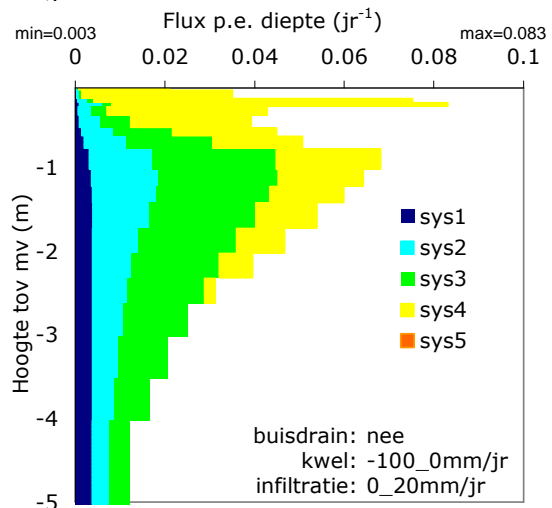
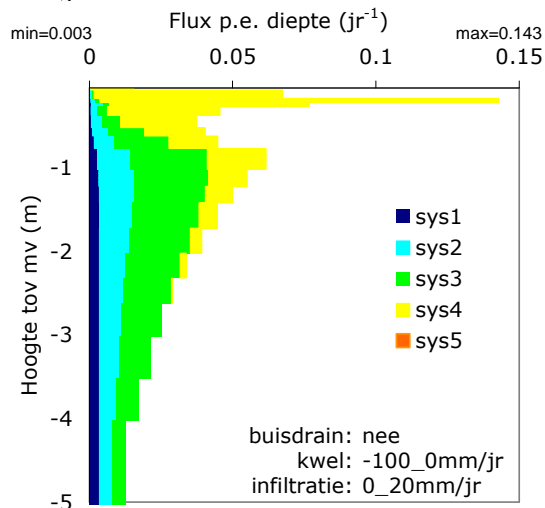
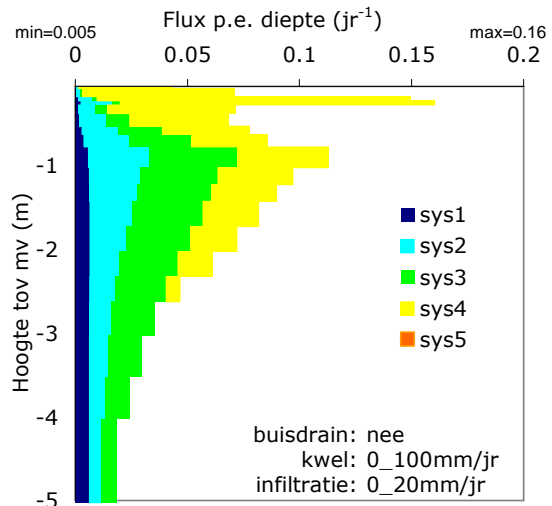
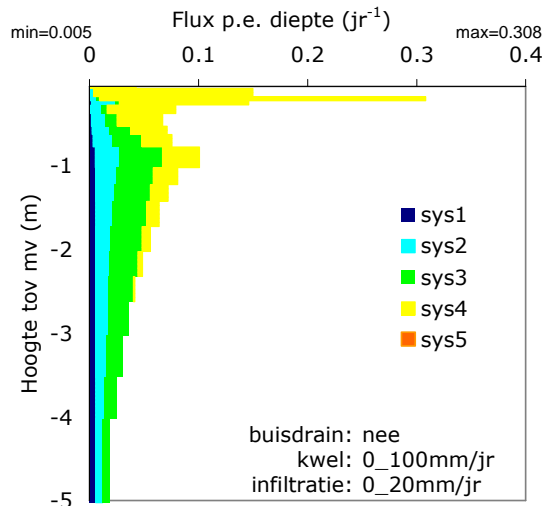
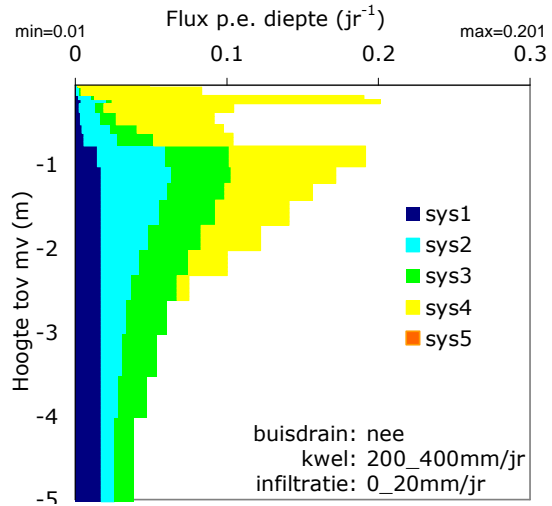


*Figuur 7*  
*Verschil van de drainage in de hydrologie voor*  
*STONE2.3 en de hydrologie voor STONE2.4*

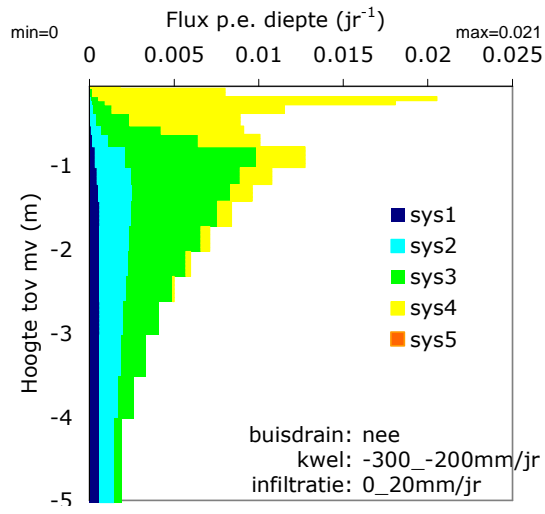
### STONE23



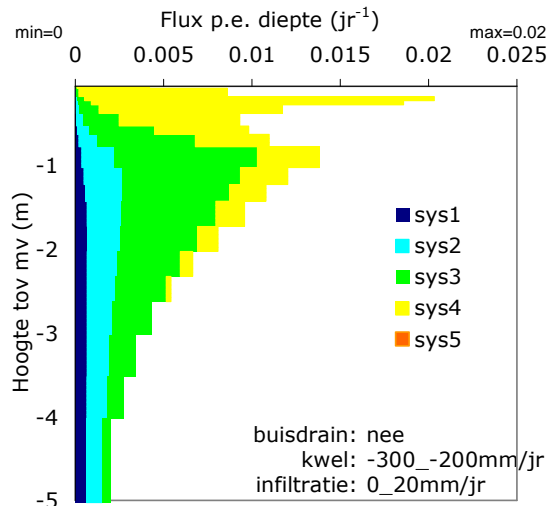
### STONE24



### STONE23

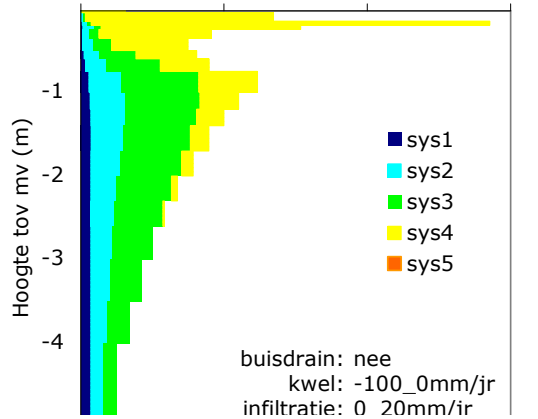


### STONE24



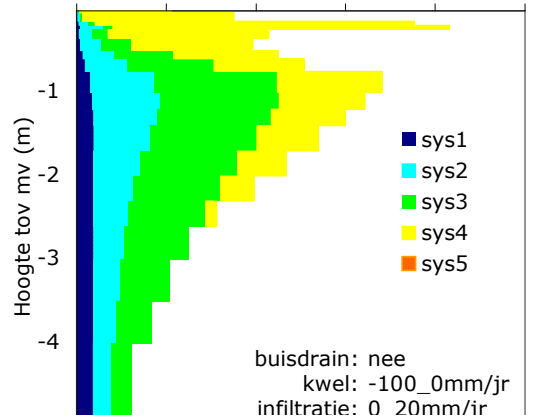
### STONE23

Flux p.e. diepte ( $\text{jr}^{-1}$ )  
 min=-0.003 0 0.05 0.1 0.15 max=0.143

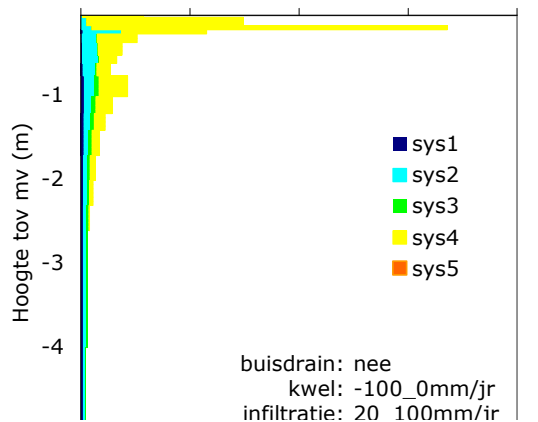


### STONE24

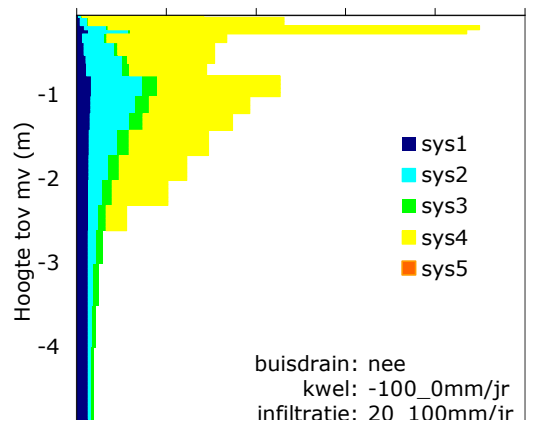
Flux p.e. diepte ( $\text{jr}^{-1}$ )  
 min=-0.003 0 0.02 0.04 0.06 0.08 0.1 max=0.083



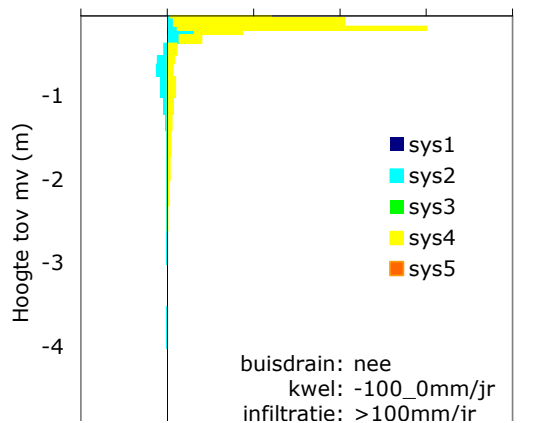
Flux p.e. diepte ( $\text{jr}^{-1}$ )  
 min=-0.005 0 0.2 0.4 0.6 0.8 max=0.672



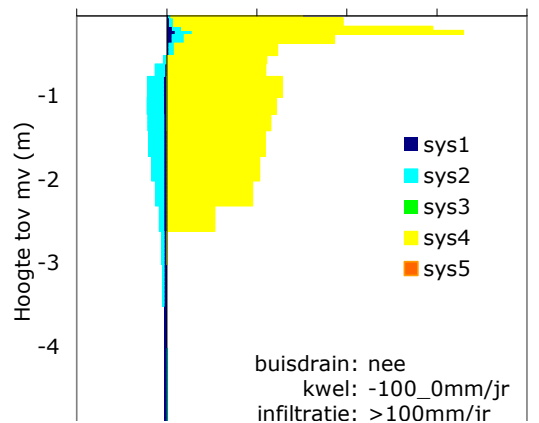
Flux p.e. diepte ( $\text{jr}^{-1}$ )  
 min=-0.003 0 0.05 0.1 0.15 0.2 max=0.225



Flux p.e. diepte ( $\text{jr}^{-1}$ )  
 min=-0.03 -0.5 0 0.5 1 1.5 2 max=1.504

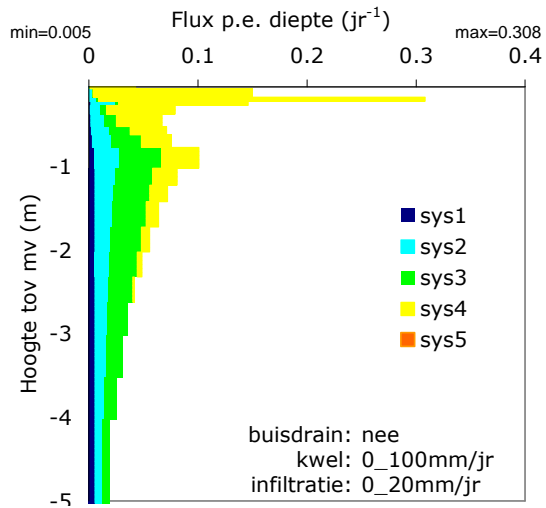


Flux p.e. diepte ( $\text{jr}^{-1}$ )  
 min=-0.006 -0.1 0 0.1 0.2 0.3 0.4 max=0.329

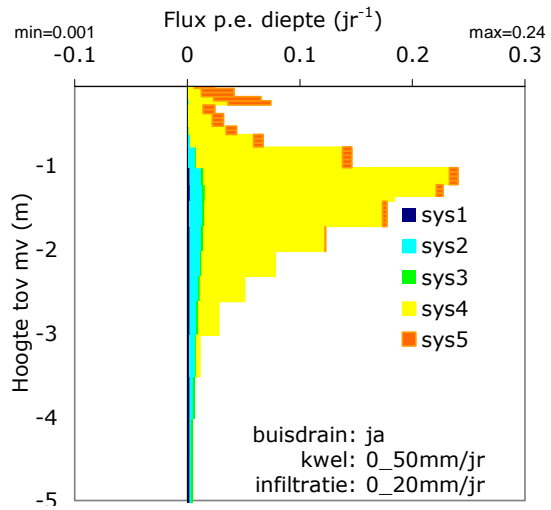
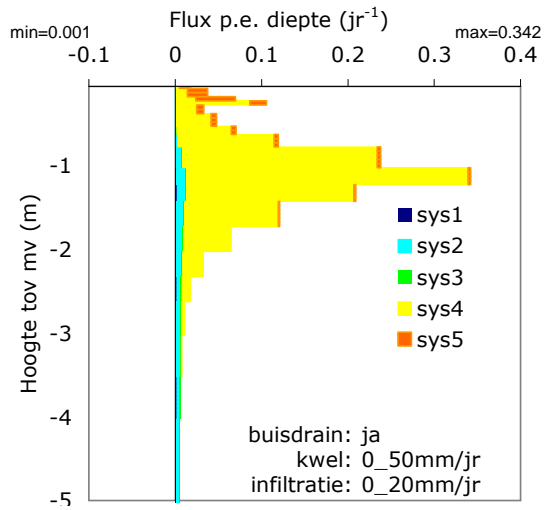
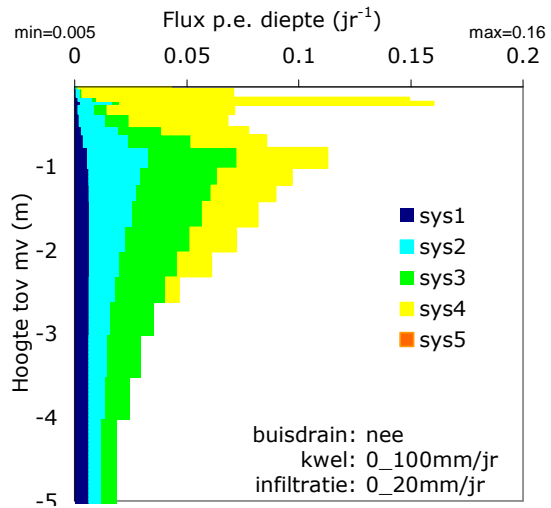


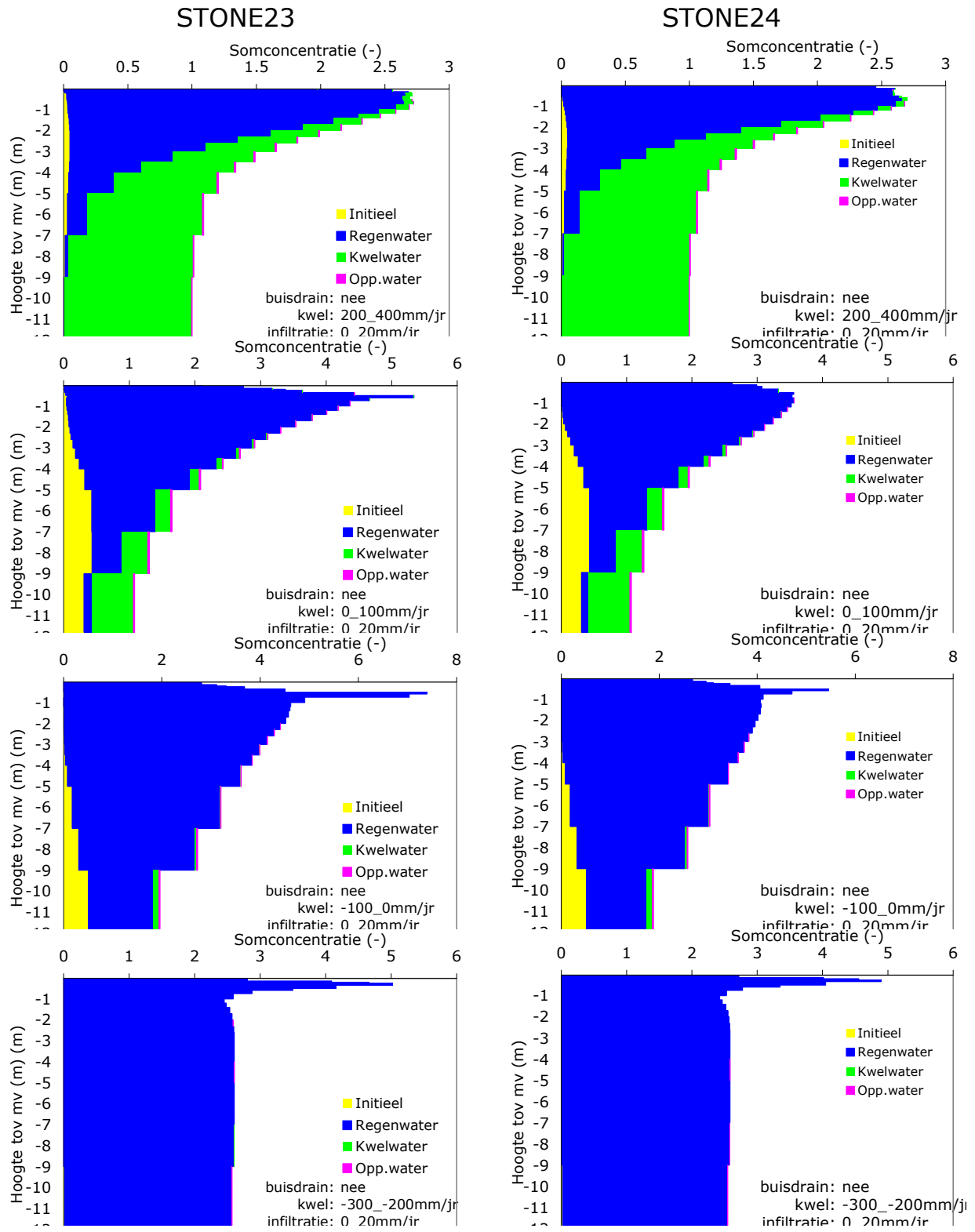


### STONE23

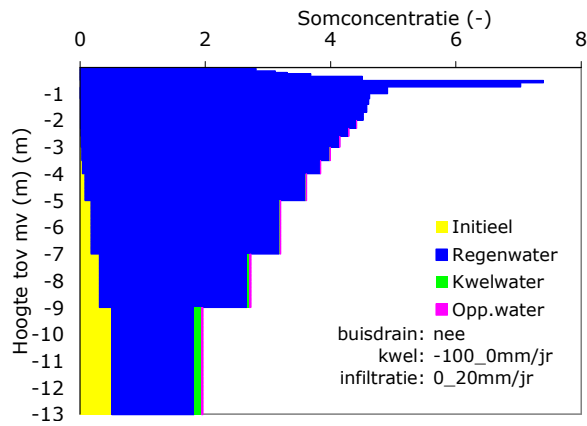


### STONE24

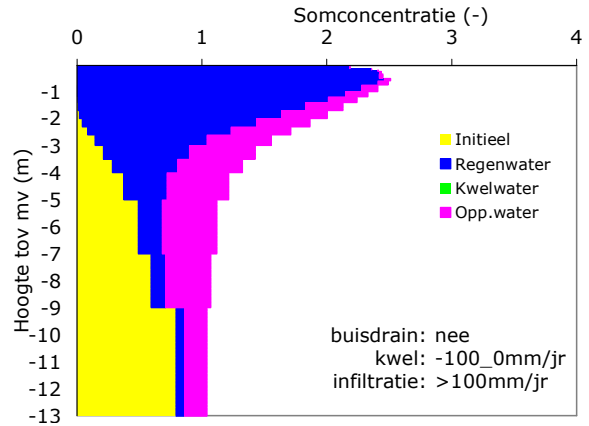
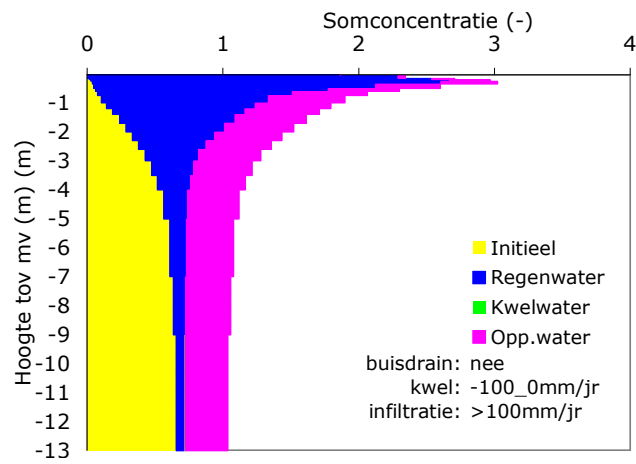
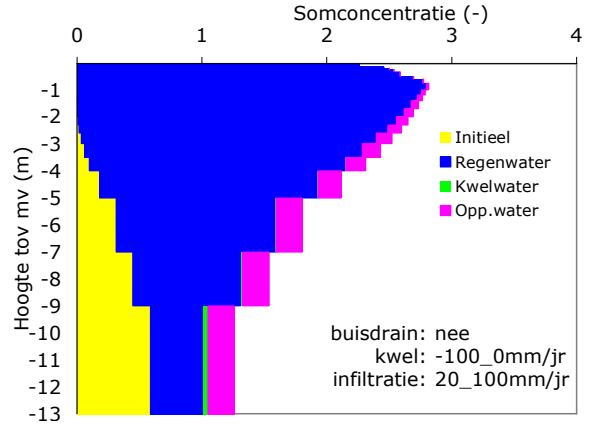
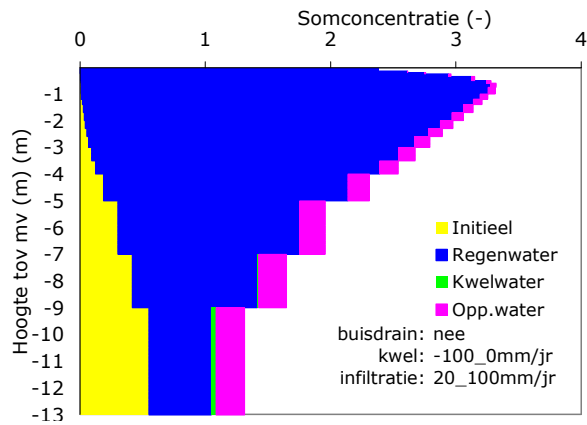
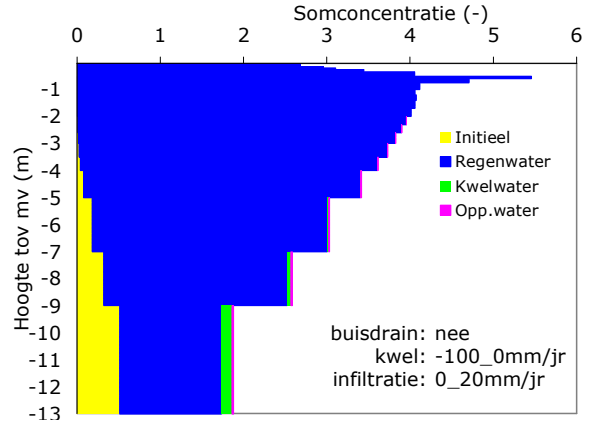




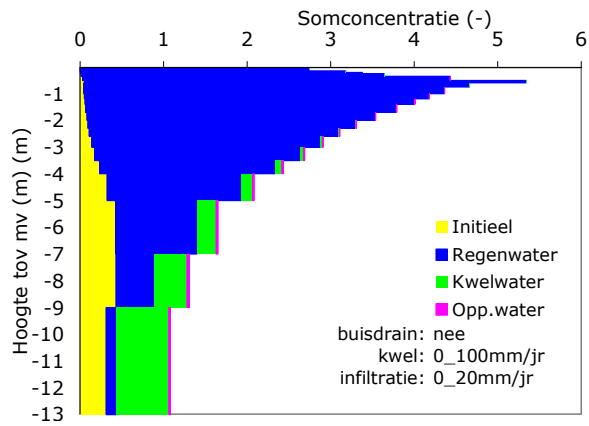
### STONE23



### STONE24



### STONE23



### STONE24

