

Notebook_systeemanalyse_V02

March 5, 2021

1 Notebook 1: Voorspellen

auteur: S. Klop

In dit notebook wordt behandeld hoe, met behulp van tijdreeksanalyse een hydrologische systeem kan worden geanalyseerd. Hierbij wordt gekeken naar een netwerk van meerdere peilbuizen. Vanuit de tijdreeksmodellen opgesteld voor deze peilbuizen kan informatie over het systeem worden verkregen.

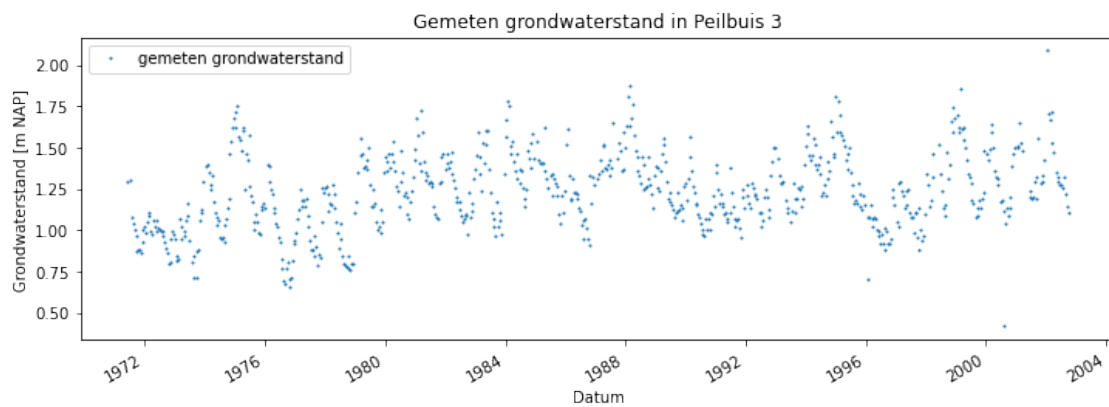
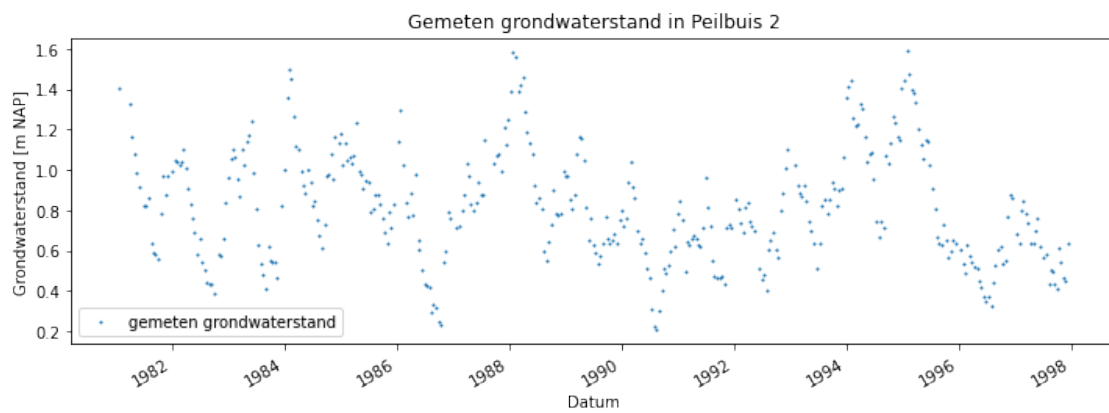
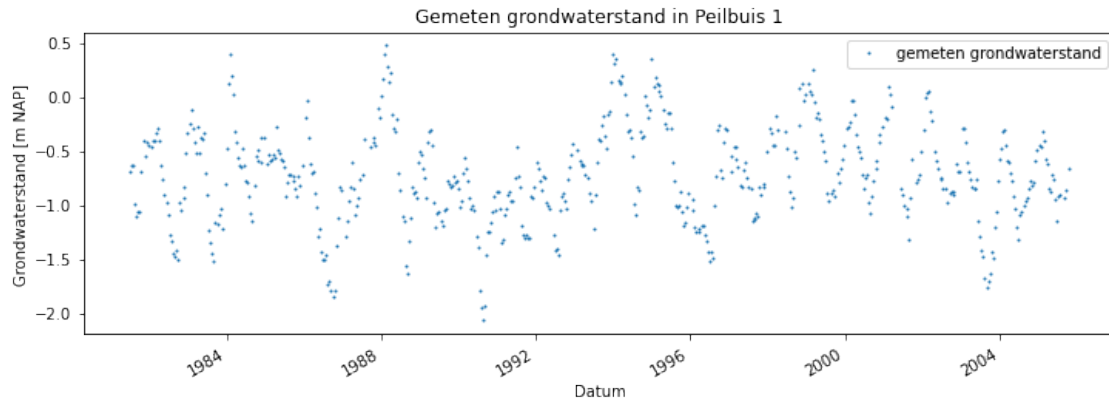
1.1 Verlagingskegel onttrekking

In de omgeving een natuurgebied bevindt zich een onttrekking voor een groot industrieel complex. Bij het waterschap is het vermoeden dat deze onttrekking mogelijk leid tot een verlaging van de grondwaterstand in het gebied, terwijl dit voor de vergunningsverlening niet toegestaan is. Het waterschap besluit daarom te kijken of op basis van peilgegevens kan worden aangetoond of de onttrekking op een afstand van ca. 500 m tot aan het natuurgebied voor verlagingen heeft gezorgd. Dit wordt onderzocht met behulp van tijdreeksanalyse.

Rondom de onttrekking heeft het waterschap peilbuisgegevens beschikbaar van de peilbuizen PB1, PB2 en PB3. Deze peilbuizen hebben relatief lange meetreeksen met elke een eigen start en eind periode. Helaas meten geen van deze peilbuizen de stijghoogte meer in de afgelopen jaren. In de onderstaande afbeeldingen zijn de meetreeksen van de peilbuizen weergegeven.

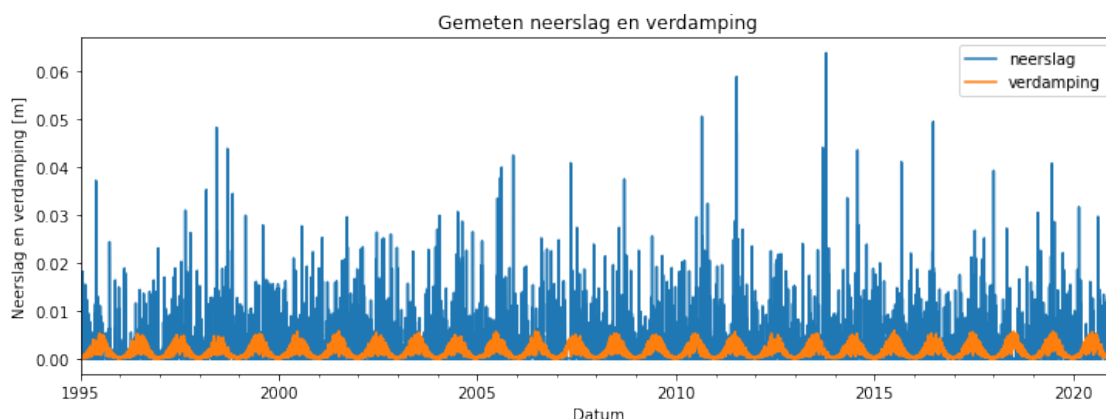
De afstanden van de peilbuizen tot aan de onttrekking zijn bepaald. Deze zijn te zien in de onderstaande tabel.

Peilbuis	Afstand [m]
PB1	112
PB2	180
PB3	321

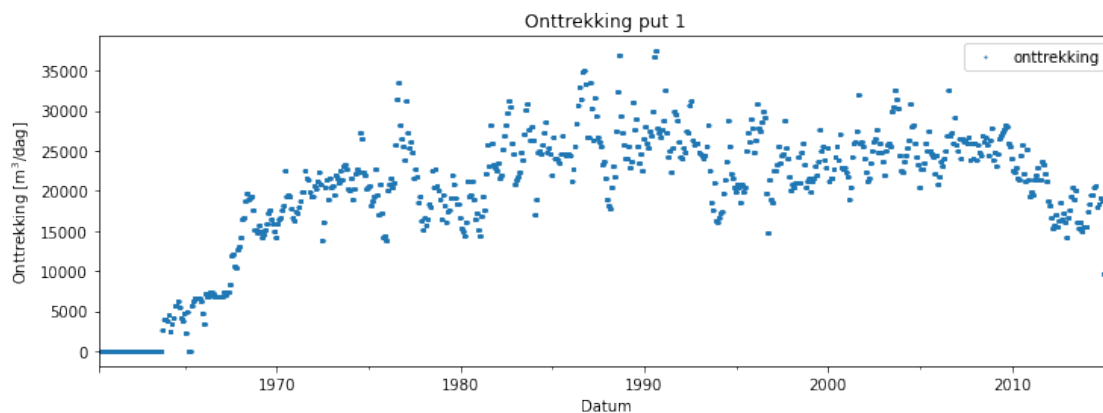


Om een tijdreeksmodel op te stellen voor grondwatermeetreeks wordt gebruik gemaakt van de neerslag en verdamping. Hiervoor zijn de gegevens gebruikt van het dichtsbijzijnde weerstation van het KNMI. De neerslag en verdamping zijn te zien in de onderstaande afbeelding. Voor alle peilbuizen is dit weerstation het dichtsbijzijnde.

INFO: Nan-values were removed at the start of the time series EV24 260.
 INFO: Inferred frequency for time series EV24 260: freq=D
 INFO: Nan-values were removed at the start of the time series RH 260.
 INFO: Inferred frequency for time series RH 260: freq=D
 INFO: Time Series RH 260: 30 nan-value(s) was/were found and filled with: 0.0.



Om uit te zoeken wat het effect is van de onttrekking op de gemeten stijghoogte is bij de eigenaar van de onttrekking de meetreeks voor de onttrekking opgehaald. De onttrekking is opgestart in de jaren 60. De onttrekking varieert door de jaren heen.



1.1.1 Opstellen van het tijdreeksmodel

De eerste stap voor het opstellen van het model is het toevoegen van de grondwater observaties aan het model. Voor een eerste berekening wordt de grondwater reeks gebruikt tot aan de huidige datum (niet de “toekomstige” grondwaterstand). In de reeks zijn geen uitschieters gevonden, er is daarom geen reden om de meetreeks voor te bewerken.

De neerslag en verdamping worden toegevoegd aan het model als verklarende reeksen. Om de verklarende reeksen toe te voegen moet een **respons functie** worden toegekent aan de verklarende

reeks (in dit geval regen en verdamping). De respons functie beschrijft de reactie van de grondwaterstand op een externe invloed. Deze moet worden vastgesteld voor elke verklarende reeks, waarbij de gebruiker het type respons functie kiest en waarbij het tijdreeksmodel de parameters van deze functie optimaliseert. Voor het tijdreeksmodel wordt gebruikt gemaakt van de Gamma respons functie voor de neerslag en verdamping.

In het tijdreeksmodel wordt dezelfde response functie gebruikt voor de neerslag en de verdamping. Hierbij wordt het verband tussen de neerslag en verdamping beschreven met de formule:

$$R = P - f * E$$

waarbij R de grondwateraanvulling is [m], P de neerslag [m], f de verdampingsfactor [-] en E de verdamping [m]. De verdampingsfactor wordt door het tijdreeksmodel geoptimaliseerd naast de parameters voor de Gamma respons functie.

Daarnaast wordt de onttrekking als verklarende reeks toegevoegd aan het tijdreeksmodel. Voor deze verklarende reeks wordt de Gamma functie gebruikt als respons. De onttrekking wordt geschaald naar Mm^3/d , dit is om te voorkomen dat de parameters van deze respons functie sterk afwijken van de overige modelparameters (factor 1.000 tot 10.000), waardoor de optimalisatie slechter wordt. Naast de verklarende reeksen wordt ook de constante (in het tijdreeksmodel d) meegefit in het model.

Na het toevoegen van de observaties en de verklarende reeksen kan het tijdreeksmodel worden geoptimaliseerd. De resultaten van het tijdreeksmodel voor PB1 zijn te zien in de onderstaande tabel.

INFO: Cannot determine frequency of series 0: freq=None. The time series is irregular.

INFO: Inferred frequency for time series RH 260: freq=D

INFO: Inferred frequency for time series EV24 260: freq=D

INFO: Inferred frequency for time series Extraction_2: freq=D

Fit report 0		Fit Statistics	
=====			
nfev	30	EVP	95.05
nobs	544	R2	0.95
noise	True	RMSE	0.10
tmin	1981-07-03 00:00:00	AIC	14.66
tmax	2005-10-14 00:00:00	BIC	53.35
freq	D	Obj	1.24
warmup	3650 days 00:00:00	---	
solver	LeastSquares	Interpolated	No

Parameters (9 were optimized)

=====				
	optimal	stderr	initial	vary
grondwateraanvulling_A	311.278908	±8.05%	201.630508	True
grondwateraanvulling_n	0.915663	±2.78%	1.000000	True
grondwateraanvulling_a	124.369571	±12.08%	10.000000	True
grondwateraanvulling_f	-0.644580	±10.73%	-1.000000	True
onttrekking_A	-77.031586	±4.00%	-124.747493	True

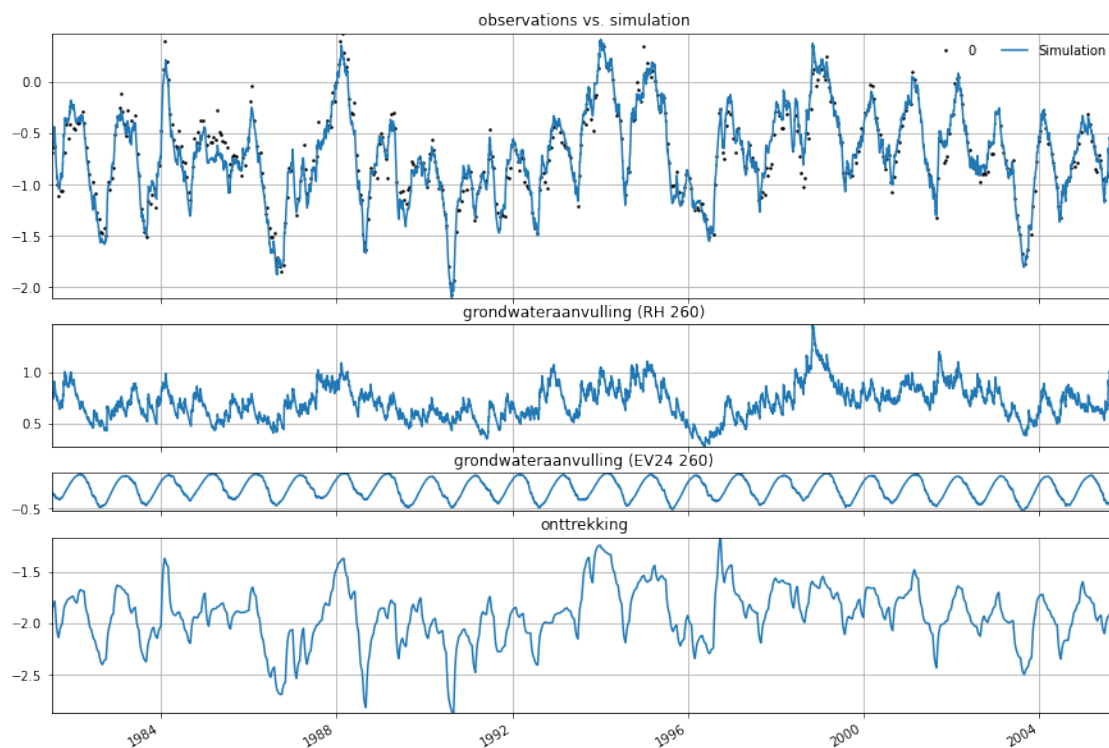
onttrekking_n	1.269254	±18.32%	1.000000	True
onttrekking_a	10.208926	±21.56%	10.000000	True
constant_d	0.810487	±11.19%	-0.720457	True
noise_alpha	50.461163	±13.12%	15.000000	True

Parameter correlations $|\rho| > 0.5$

```
=====
grondwateraanvulling_A grondwateraanvulling_a 0.70
                        constant_d -0.67
grondwateraanvulling_n grondwateraanvulling_a -0.66
onttrekking_A          onttrekking_a -0.57
                        constant_d -0.83
onttrekking_n          onttrekking_a -0.96
```

Te zien is dat het tijdreeksmodel een hoge verklaarde variantie en R^2 heeft.

De decompositie van het tijdreeksmodel voor PB1 is te zien in de onstaande afbeelding. Hier is het effect van elke invoerreeks te zien volgens de modellering. Hierbij is te zien dat ten gevolge van de onttrekking de stijghoogte wordt verlaagt tussen de circa -2.5 en -1.5 m.



Voor peilbuis PB2 is hetzelfde tijdreeksmodel opgezet. Hierbij zijn ook de neerslag en verdamping meegenomen als verklarende reeksen samen met de onttrekking.

INFO: Cannot determine frequency of series 0: freq=None. The time series is irregular.

INFO: Inferred frequency for time series RH 260: freq=D
 INFO: Inferred frequency for time series EV24 260: freq=D
 INFO: Inferred frequency for time series Extraction_2: freq=D

Fit report 0		Fit Statistics	
=====			
nfev	50	EVP	84.17
nobs	386	R2	0.84
noise	True	RMSE	0.11
tmin	1981-01-19 00:00:00	AIC	14.92
tmax	1997-12-18 00:00:00	BIC	50.53
freq	D	Obj	0.59
warmup	3650 days 00:00:00	---	
solver	LeastSquares	Interpolated	No

Parameters (9 were optimized)

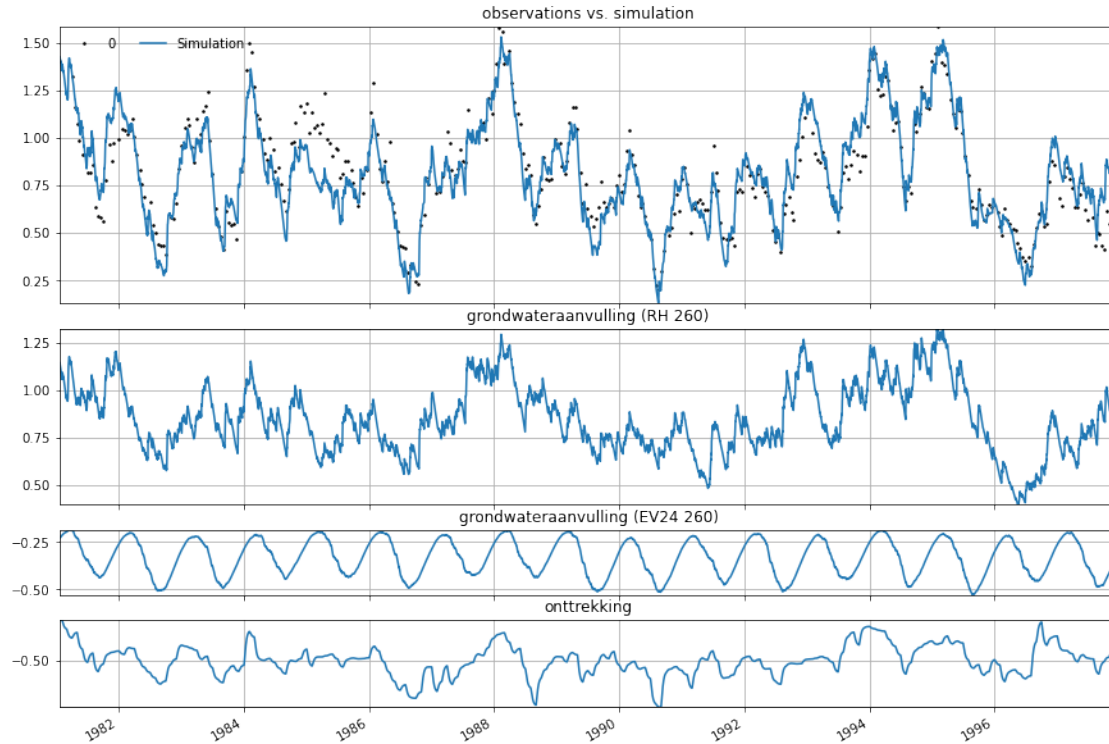
	optimal	stderr	initial	vary
grondwateraanvulling_A	393.126609	±12.03%	201.630508	True
grondwateraanvulling_n	1.006147	±2.79%	1.000000	True
grondwateraanvulling_a	135.471622	±15.03%	10.000000	True
grondwateraanvulling_f	-0.568419	±13.36%	-1.000000	True
onttrekking_A	-20.009036	±14.07%	-124.747493	True
onttrekking_n	1.676295	±69.81%	1.000000	True
onttrekking_a	6.935884	±74.46%	10.000000	True
constant_d	0.802086	±13.71%	0.816874	True
noise_alpha	108.382015	±21.55%	15.000000	True

Parameter correlations |rho| > 0.5

=====		
grondwateraanvulling_A	grondwateraanvulling_a	0.81
	constant_d	-0.74
grondwateraanvulling_n	grondwateraanvulling_a	-0.62
onttrekking_A	onttrekking_a	-0.59
	constant_d	-0.59
onttrekking_n	onttrekking_a	-0.97

Te zien is dat het tijdreeksmodel een hoge verklaarde variantie en R^2 heeft maar lager dan het geval is bij PB1.

De decompositie van het tijdreeksmodel voor PB2 is te zien in de onstaande afbeelding. Hier is het effect van elke invoerreeks te zien volgens de modellering. Hierbij is te zien dat ten gevolge van de onttrekking de stijghoogte wordt verlaagd tussen de circa -0.3 en -0.8 m. Dit is significant lager dan de verlaging die bepaald is ter plaatse van PB1. Op basis van de gegevens is dit beeld logisch, PB2 staat immers verder van de onttrekking dan PB1, dit komt overeen met de hydrologische verwachting.



Voor peilbuis PB2 is hetzelfde tijdreeksmodel opgezet. Hierbij zijn ook de neerslag en verdamping meegenomen als verklarende reeksen samen met de onttrekking.

Fit report 0

Fit Statistics

=====			
nfev	26	EVP	72.50
nobs	708	R2	0.72
noise	True	RMSE	0.12
tmin	1971-06-02 00:00:00	AIC	13.35
tmax	2002-09-30 00:00:00	BIC	54.41
freq	D	Obj	2.22
warmup	3650 days 00:00:00	---	
solver	LeastSquares	Interpolated	No

Parameters (9 were optimized)

=====				
	optimal	stderr	initial	vary
grondwateraanvulling_A	361.670560	±9.01%	201.630508	True
grondwateraanvulling_n	0.912094	±2.86%	1.000000	True
grondwateraanvulling_a	154.975861	±13.87%	10.000000	True
grondwateraanvulling_f	-0.591950	±12.09%	-1.000000	True
onttrekking_A	-508.104730	±112593.23%	-124.747493	True
onttrekking_a	2418.736957	±16222.81%	100.000000	True
onttrekking_b	14.649746	±28892.32%	1.000000	True

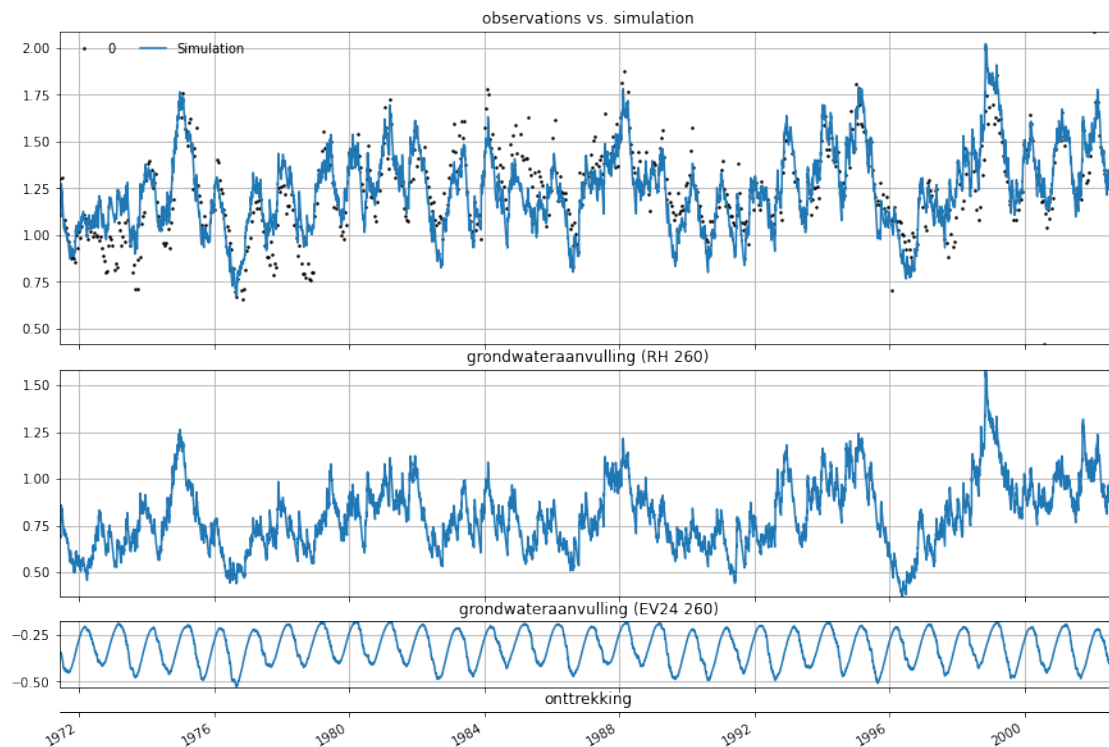
constant_d	0.761785	±8.35%	1.231875	True
noise_alpha	54.173819	±13.51%	15.000000	True

Parameter correlations $|\rho| > 0.5$

```
=====
grondwateraanvulling_A grondwateraanvulling_a 0.74
                        constant_d             -0.69
grondwateraanvulling_n grondwateraanvulling_a -0.67
grondwateraanvulling_f constant_d             -0.74
onttrekking_A          onttrekking_a           0.99
                        onttrekking_b          -1.00
onttrekking_a          onttrekking_b          -0.99
```

Te zien is dat het tijdreeksmodel een hoge verklaarde variantie en R^2 heeft maar lager dan het geval is bij PB1 en PB2. In het overzicht van de optimalisatie is te zien dat de optimalisatie voor de parameters van de responsfunctie van de onttrekking zeer hoge onzekerheden heeft, tot $> 10000\%$.

De decompositie van het tijdreeksmodel voor PB3 is te zien in de onstaande afbeelding. Hier is het effect van elke invoerreeks te zien volgens de modellering. Hierbij is te zien dat de verlaging ten gevolge van de onttrekking nauwelijks zichtbaar is op deze schaal. Het effect wat bepaald is < 0.003 m. Dit suggereert dat ter plaatse van PB3 de onttrekking geen verklarende reeks is voor de gemeten grondwaterstand.



Om te controleren of de onttrekking inderdaad weinig effect op de grondwaterstand in PB3 wordt nogmaals een tijdreeksmodel opgesteld maar nu zonder de onttrekking. De resultaten hiervan zijn

te zien in de onderstaande tabel.

Fit report 0		Fit Statistics	
nfev	20	EVP	72.45
nobs	708	R2	0.72
noise	True	RMSE	0.12
tmin	1971-06-02 00:00:00	AIC	7.34
tmax	2002-09-30 00:00:00	BIC	34.72
freq	D	Obj	2.22
warmup	3650 days 00:00:00	---	
solver	LeastSquares	Interpolated	No

Parameters (6 were optimized)

	optimal	stderr	initial	vary
grondwateraanvulling_A	360.003964	±7.98%	201.630508	True
grondwateraanvulling_n	0.913009	±2.85%	1.000000	True
grondwateraanvulling_a	153.569464	±13.07%	10.000000	True
grondwateraanvulling_f	-0.590153	±11.95%	-1.000000	True
constant_d	0.762291	±7.79%	1.231875	True
noise_alpha	54.579958	±11.68%	15.000000	True

Parameter correlations $|\rho| > 0.5$

grondwateraanvulling_A	grondwateraanvulling_a	0.70
	constant_d	-0.75
grondwateraanvulling_n	grondwateraanvulling_a	-0.70
grondwateraanvulling_f	constant_d	-0.76

In de resultaten is te zien dat de verklaarde variantie en R^2 vergelijkbaar zijn met het model resultaat van het tijdreeksmodel met onttrekking. Dit suggereert dat het effect ter plaatse van deze peilbuis inderdaad niet significant is.

In de onderstaande tabel zijn de gemiddelde verlagingen opgenomen zoals deze met de tijdreeks-analyse zijn bepaald.

Peilbuis	Afstand [m]	Gemiddeld effect [m]
PB1	112	-1.92
PB2	180	-0.50
PB3	321	-0.0007

In de onderstaande grafiek zijn de gemiddeld bepaalde verlagingen uitgezet tegen de afstand tot de onttrekkingsput. Het watervoerendpakket in de omgeving is uniform, daarom is de verwachting dat op een afstand van 500 m, de afstand tussen het natuurgebied en de onttrekking, geen significant effect optreedt.

