

model_structuur

December 4, 2020

1 Model structuur

Auteurs: R.A. Collenteur (Universiteit Graz)

Een belangrijke stap in tijdreeksanalyse is het bepalen van de modelstructuur van het tijdreeksmodel. Dit is het onderwerp van dit Notebook. We beperken ons hier tot het bepalen van het deterministische deel van het model. Het bepalen van het ruismodel is onderdeel van het notebook over modelkalibratie. Voor het kiezen van de gewenste modelstructuur is het belangrijk om vast te stellen wat het doel van het tijdreeksmodel is. In dit notebook wordt een overzicht gegeven van de verschillende opties die mogelijk zijn voor de modelstructuur.

1.1 Inhoudsopgave

- Response functies
- Effect van neerslag en verdamping
- Respons functies
- Drempel niet-lineariteit
- Veranderende systemen
- Welke invloeden moeten worden meegenomen
- Discussie
- Referenties

1.2 Overwegingen

- Aantal parameters
- Doel van modellering
- Residuen analyse voor missende variabelen
-

1.3 Algemeen stappenplan

1. Systeem analyse: bepaal mogelijke hydrologische variabelen,
2. Model bouw: Bepaal hoe deze variabelen om te zetten in fluctuaties,
3. Controle: bepaal welke variabelen daadwerkelijk invloed hebben.

We gaan ervan uit dat de eerste stap al is uitgevoerd en bespreken de tweede en derde stap. Eerst wordt een overzicht gegeven van de bouwstenen die beschikbaar zijn om een model te bouwen. Daarna kijken we naar methoden om te bepalen welke bouwstenen nodig zijn in een model.

```
Python version: 3.7.8 | packaged by conda-forge | (default, Jul 31 2020, 02:37:09)
```

```
[Clang 10.0.1 ]
```

```
Numpy version: 1.18.5
```

```
Scipy version: 1.4.0
```

```
Pandas version: 1.1.2
```

```
Pastas version: 0.17.0b
```

```
Matplotlib version: 3.1.3
```

1.4 Effect van neerslag en verdamping

Vrijwel alle grondwaterstanden in Nederland worden in meer of mindere mate beïnvloed door neerslag en verdamping. Deze twee verklarende tijdsreeksen worden daarom bijna altijd in een tijdreeksmodel opgenomen. De manier waarop deze tijdreeksen worden meegenomen in het model kunnen sterk verschillen. We kunnen grofweg drie methoden onderscheiden:

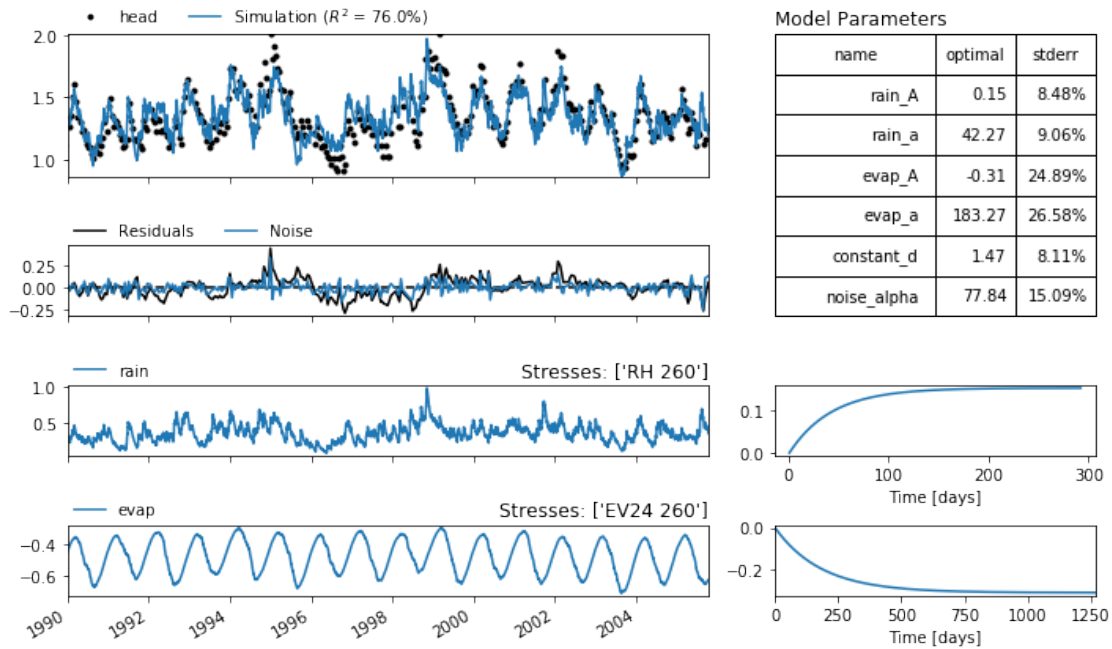
- Neerslag en verdamping met aparte respons functies
- Netto neerslagoverschot ($N = P - fE$) en 1 respons functie
- Niet-lineaire grondwateraanvulling en 1 respons functie

Bij de eerste methode worden de twee tijdreeksen onafhankelijk van elkaar meegenomen en geconvolveerd met een response functie. Bij de tweede methode wordt eerst een netto neerslagoverschot berekend en wordt 1 respons functie gebruikt. Het voordeel van de tweede optie is een geringer aantal parameters door het gebruik van een enkele respons functie. Dit model wordt bijvoorbeeld gebruikt voor de modellen op grondwatertools.nl voor heel Nederland.

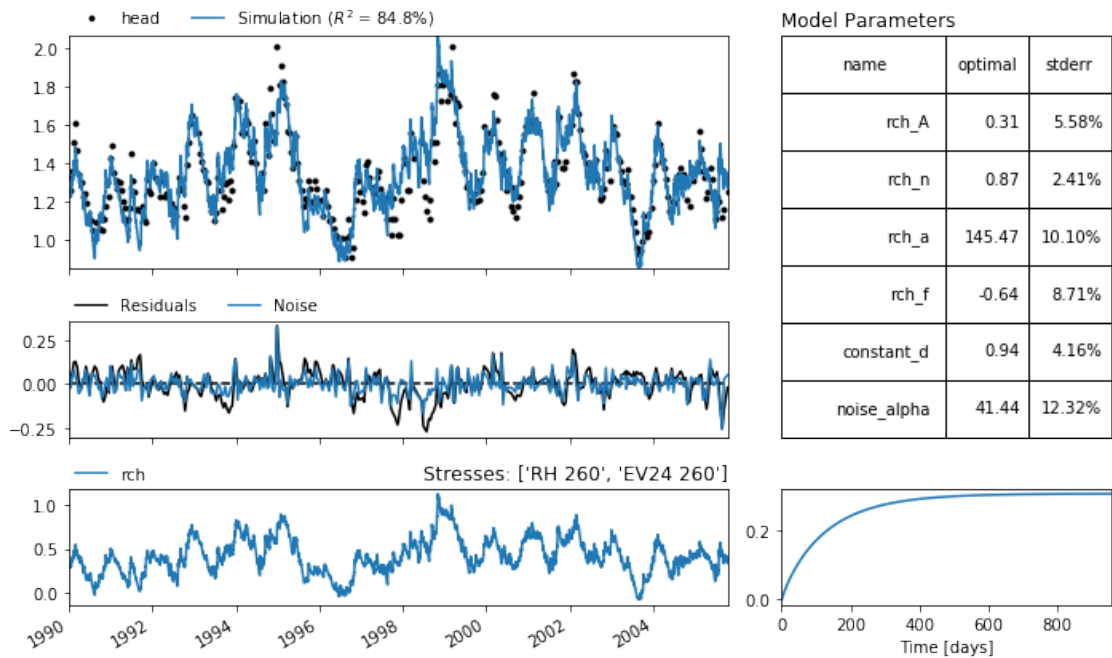
Bij de derde methode wordt een niet-lineair model gebruikt om grondwateraanvulling te berekenen, die vervolgens ook geconvolveerd wordt met een respons functie. Verschillende niet-lineaire modellen zijn beschikbaar, zie bijvoorbeeld Berendrecht et al. (2005), Peterson en Western (2014) en Collenteur et al. (2020). Een voordeel van niet-lineaire modellen is dat er rekening wordt gehouden met processen in de onverzadigde zone, waardoor de grondwaterstand niet meer lineair reageert op neerslag en verdamping. Dit gebeurt bijvoorbeeld wanneer de verdamping wordt beperkt door de beschikbare bodemvocht ten tijde van droogte, of door de berging van neerslag in de onverzadigde zone.

Mogelijke nadelen van niet-lineaire modellen kunnen een groter aantal vrije parameters zijn of de rekentijd van het model. Het is echter vaak mogelijk een aantal parameters vast te zetten en een response functie te gebruiken met minder parameters, waardoor het aantal vrije parameters sterk is te reduceren. Door ontwikkelingen in de software is de rekentijd eigenlijk geen argument meer om niet-lineaire modellen niet te gebruiken.

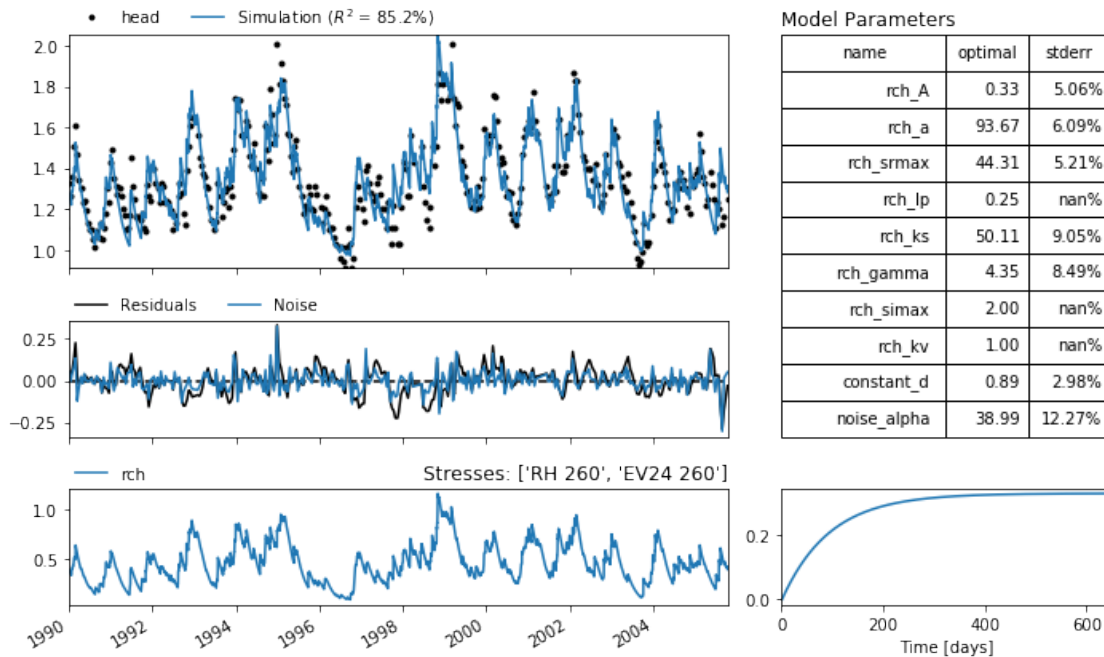
1.4.1 Neerslag en verdamping als aparte invloeden



1.4.2 Lineaire neerslagoverschot



1.4.3 Niet-lineaire grondwateraanvulling



1.5 Respons functies

Er zijn tal van respons functies die kunnen worden gekozen om een verklarende tijdreeks om te zetten in een bijdrage aan de grondwaterstandsfluctuaties. De keuze voor een bepaalde respons functie kan bijvoorbeeld afhangen van het type verklarende reeks (bv. neerslag of een rivier), maar ook van het systeem (dikke of dunne overzadigde zone). Voor het effect van neerslag en verdamping wordt vaak een vorm van de 4 parameter gamma functie gebruikt. Afhankelijk van het systeem kunnen bepaalde parameters worden vastgezet, wat het aantal te schatten parameters verlaagt. Het dient over het algemeen aanbeveling verschillende respons functie te testen.

- een niet-lineair grondwateraanvulling model simuleert ook vertraging, vaak kan dan een Exponentiele functie ipv een Gamma worden gebruikt.
- Als $n = \pm 1$, dan kan de Exponentiele functie worden gebruikt ipv Gamma.
- Bij een dikke onverzadigde zone kan een 4-parameter Gamma functie worden gebruikt.

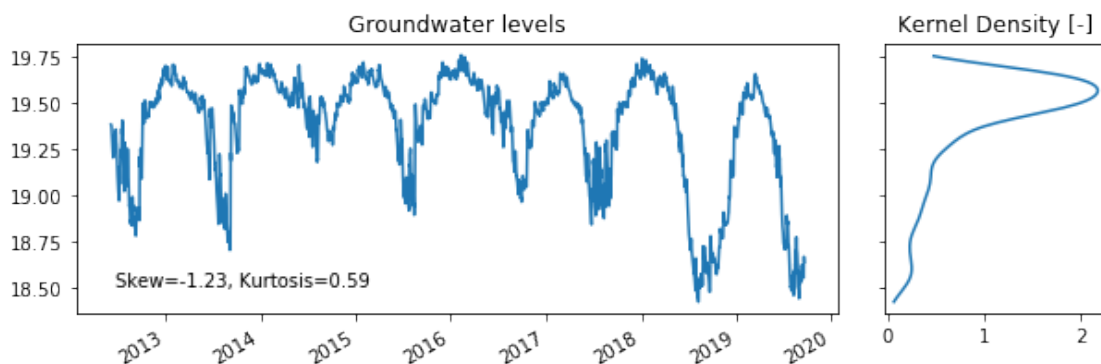
Voeg tabel met opties voor response functies toe, is echter in zeker mate afhankelijk van de software...?

1.6 Drempel niet-lineariteit

Een veelvoorkomend fenomeen in Nederland is drempel niet-lineariteit. Daarbij reageert een grondwatersysteem anders op een impuls (bv. neerslag) nadat een bepaalde grenswaarde in de grondwaterstand is overschreden. [Knotters et al. \(1999\)](#) hebben hiervoor een model ontwikkeld, waarbij de respons op neerslagoverschot afhangt van de grondwaterstand boven of onder een bepaalde drempelwaarde.

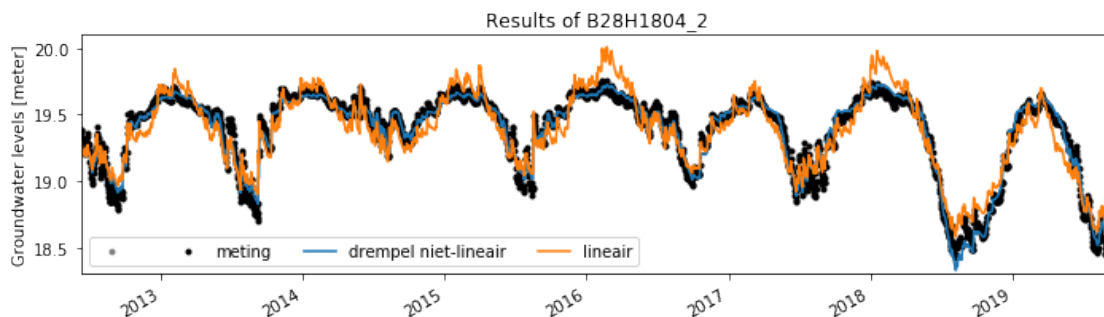
Of er sprake is van drempel niet-lineariteit kan worden vastgesteld door:

1. visuele inspectie,
2. testen van verschillende modelstructuren, of
3. het plotten van een histogram van de grondwaterstandsmetingen.



Uit bovenstaande plots is af te lezen dat er mogelijk sprake is van drempel niet-lineariteit. We maken daarom twee modellen: de eerste met een simpel neerslag overschot en een tweede met drempel niet-lineariteit ([Knotters et al. \(1999\)](#)). Onderstaande figuur geeft de resultaten van de twee modellen weer. Het lineaire model geeft een structurele overschatting van de hoge grondwaterstanden, waar het drempel niet-lineaire model netjes de gemeten grondwaterstand volgt.

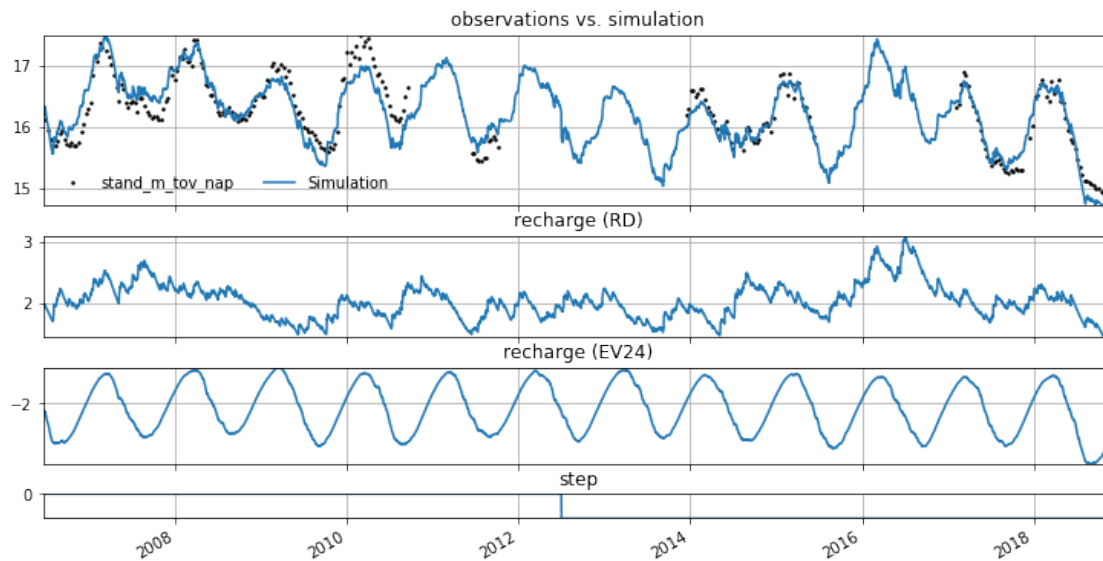
<matplotlib.legend.Legend at 0x7f8ad40f8890>



1.7 Veranderende Systemen

Systemen kunnen niet allen veranderen als gevolg van de grondwaterstand (bv. drempel niet-lineariteit), maar ook als gevolg van systeemveranderingen door de tijd. - Stap response - Lineaire trend - Veranderende respons functies (Obergfjell et al. (2019)).

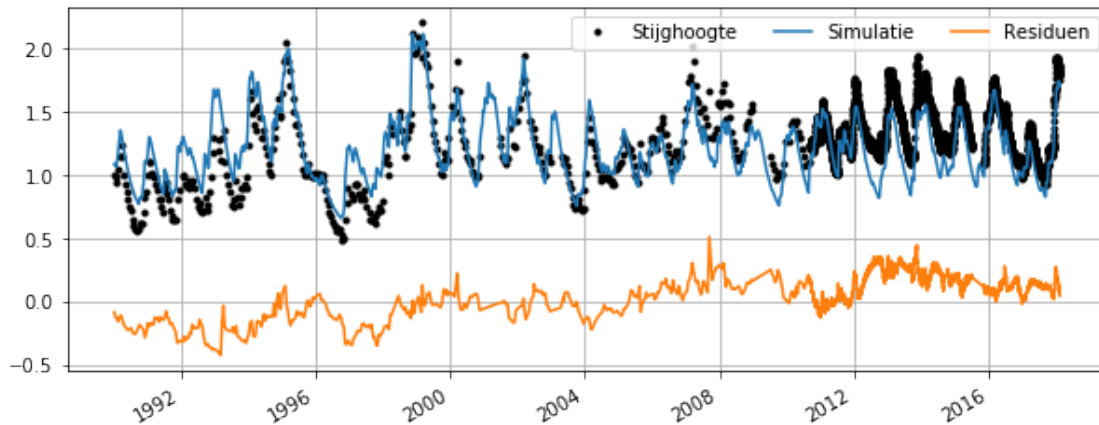
1.7.1 Stap response



1.7.2 Voorbeeld van een model met lineaire trend

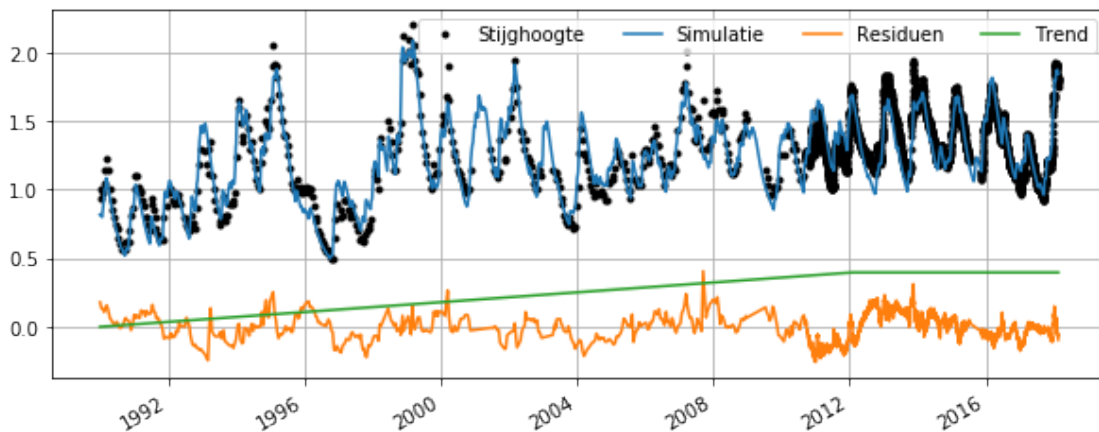
Het gebeurt vaak dat een stijghoogte tijdreeks een opwaartse of neerwaartse trend vertoont, die niet door neerslag of verdamping verklaart kan worden. We beschouwen hier een model voor het 1e filter in de peilbuis “B32C0609001” nabij de Bilt. Als eerste stap maken we een model met neerslag en verdamping als verklarende variabelen.

```
<matplotlib.legend.Legend at 0x7f8abf5e88d0>
```



In de figuur hierboven is het resultaat van de modellering te weergegeven. We zien dat het model de fluctuaties in de gemeten stijghoogte in het algemeen goed kan verklaren, maar de residuen van het model laten een duidelijke opwaartse trend zien. Het model overschat de stijghoogte in het begin van de kalibratie periode en onderschat de stijghoogte aan het einde van deze periode.

```
<matplotlib.legend.Legend at 0x7f8abc676fd0>
```



1.8 Verklarende variabelen

Welke verklarende variabelen moeten worden meegenomen

- Toetsen van hydrologische plausibiliteit van evenwichtsrelatie (bv. $\text{well_A} > 0$), diagnostisch toetsen noodzakelijk
- Lengte van de respons functie
- Residuen analyse

Einstein, “everything should be as simple as possible, but not simpler.” Occurs razor

1.9 Discussie

1.10 Referenties

- Knotters et al. (1999)
- Berendrecht et al. (2006)
- Peterson and Western (2014)
- Collenteur et al. (2020)

1.11 Beschikbaarheid van opties

In de volgende tabel wordt een overzicht gegeven welke opties in verschillende software pakketten beschikbaar zijn. **Dit overzicht komt niet in dit Notebook**

| Optie | Pastas | Menyanthes | Hydrosight |
|------------------------------------|--------|------------|------------|
| Drempel niet-lineariteit | Ja | Ja | Nee |
| niet-lineaire grondwateraanvulling | Ja | Nee | Ja |
| Stap respons | Ja | Ja | Onbekend |
| Lineaire trend | Ja | Ja | Onbekend |
| Veranderende respons | Nee | Nee | Nee |