



Paper

Versnelling indicatoren Monitor Brede Welvaart met behulp van nowcasting

Milieu, duurzaamheid en landbouw

Pim Ouwehand
Daan Zult
Bob Lodder

Mei 2020

CBS Den Haag
Henri Faasdreef 312
2492 JP Den Haag
Postbus 24500
2490 HA Den Haag
+31 70 337 38 00
www.cbs.nl

projectnummer

DRD
15 november 2019

Inhoudsopgave

1. Inleiding	4
1.1 Leeswijzer	5
2. Te versnellen indicatoren	6
2.1 Thema milieu, duurzaamheid en landbouw	6
3. Aanpak	10
3.1 Gemaakte keuzes	10
3.2 Implementatie	10
3.3 Hulpbronnen	10
3.4 Onderzochte methoden	11
3.5 Naïeve aanpak	11
3.6 ARIMA	11
3.7 Structurele Tijdreeksmodellen (STM)	12
3.8 Overzicht modellen	13
3.9 Crossvalidatie en modelselectie	14
3.10 Acceptatiecriteria	16
4. Resultaten reeksen ENR	19
4.1 Reeksen die versneld bepaald kunnen worden	19
4.2 ENR5: Toegevoegde waarde milieusector	19
4.3 ENR6: Werkgelegenheid in de milieusector	21
4.4 ENR7: Binnenlands materialenverbruik	23
5. Resultaten reeksen SLO	26
5.1 De mineralenbalans	26
5.2 SLO1: Stikstofoverschot	26
5.3 SLO2: Fosforoverschot	28
5.4 SLO3: Benutting stikstof	31
5.5 SLO 4: Benutting fosfor	32
5.6 Betrouwbaarheidsintervallen voor de nowcasts SLO1-SLO4	33
5.7 SLO5: Gemeentelijk afval	34
5.8 SLO6: CO2-uitstoot binnenlands verkeer en vervoer	36
6. Samenvatting en conclusies	38
Referenties	40
Bijlage 1 Achtergronden Mineralenbalans	41
Bijlage 2 Top 30 modelresultaten voor het stikstof-overschot	43

1. Inleiding

Het CBS heeft in 2017 de opdracht gekregen om in de jaren 2018, 2019 en 2020 een Monitor Brede Welvaart te ontwikkelen ten behoeve van het verantwoordingsdebat in de Tweede Kamer. De eerste twee edities van de monitor zijn vorig jaar (CBS, 2018) en dit jaar (CBS, 2019) op de derde woensdag van mei opgeleverd. In de opdracht uit 2017 aan het CBS voor het ontwikkelen en uitbrengen van de Monitor is een onderdeel 'versnelling' opgenomen dat is gericht op het verhogen van de actualiteit ofwel tijdigheid van de gegevens in de monitor. Dit is namelijk een uitdrukkelijke wens van de Tweede Kamer. Idealiter wordt voor alle indicatoren in de Monitor die gepubliceerd wordt in jaar T de waarde over het voorgaande kalenderjaar (jaar T-1) getoond. Veel indicatoren zijn echter minder actueel en rapporteren over twee of meer jaar terug. Een reden hiervoor is dat bij het uitkomen van de monitor in mei veel indicatoren over T-1 nog niet gepubliceerd zijn omdat er op dat moment over het vorige kalenderjaar (jaar T-1) onvoldoende gegevens beschikbaar zijn. Een andere verklaring is dat sommige indicatoren slechts elke paar jaar worden geactualiseerd. Een deel van de indicatoren is voorgaande twee jaar reeds versneld, zoals o.a. indicatoren voor de footprint broeikasgassen, de IPCC broeikasgasuitstoot en de sociale samenhang. Dit zijn indicatoren die relatief eenvoudig versneld konden worden, bijvoorbeeld door middel van versnelling van het verwerkingsproces of door gebruik te maken van kwartaalcijfers in plaats van jaarcijfers.

Het huidige rapport betreft indicatoren die nog niet versneld zijn voor de meest recente Monitor. Hieronder bevinden zich ook indicatoren waarbij de genoemde oplossingen niet mogelijk zijn of niet toereikend. In dit rapport beschrijven we een alternatieve aanpak voor het versnellen van deze indicatoren, namelijk middels het toepassen van zogenaamde *nowcasting*-methoden. Dit zijn modelmatige technieken waarbij met toepassing van tijdreeksmodellen een zo recent mogelijk cijfer van de indicatoren geschat wordt. In dit rapport presenteren we resultaten voor indicatoren uit het thema 'Milieu, duurzaamheid en landbouw'. Resultaten voor andere thema's zullen in andere rapporten behandeld worden.

Bij *nowcasting* wordt aan de hand van de historische ontwikkeling van een indicator in combinatie met actuele hulpinformatie een schatting gemaakt van de meest recente ontwikkeling van de indicator. De historische reeks van de indicator bevat veel informatie, zoals trends en seizoenpatronen. Door deze dynamiek te modelleren wordt het mogelijk de doelvariabele te extrapoleren naar de meest actuele perioden. Om deze schattingen verder te verbeteren zal ook hulpinformatie in de modellen gebruikt worden. De hulpinformatie zal in de praktijk bestaan uit gerelateerde indicatoren, ook wel proxies, die een sterke samenhang vertonen met de doelvariabele. Deze samenhang is tweeledig. Aan de ene kant zoeken we indicatoren die een duidelijke correlatie met de doelvariabele hebben, wat moet helpen de raming voor de verslagperiode te verbeteren. Aan de andere kant heeft de hulpinformatie bij voorkeur ook een inhoudelijke samenhang met de doelvariabele. Dit helpt bij het verklaren van de relatie met de doelvariabele, en te beoordelen of deze relatie ook voor de toekomst geldig zal zijn. De hulpinformatie is niet alleen voor de historische perioden beschikbaar maar ook al voor de actuele verslagperiode(n), waardoor het model al enige informatie bevat over die verslagperioden, en zo kan helpen bij de extrapolatie van de doelvariabele. Juist dit aspect is kenmerkend voor *nowcasting*-technieken, en vormt het onderscheid met pure extrapolaties. Feitelijk is *nowcasting* daarmee het maken van schattingen op basis van gedeeltelijke informatie over de verslagperiode.

De meest geschikte aanpak per indicator kan sterk verschillen. Er zijn meerdere *nowcasting*technieken beschikbaar, en er moet per situatie bekeken worden welke aanpak het beste

past. Afhankelijk van de beschikbare data en de complexiteit van de benodigde methode zal het mogelijk zijn om voor meer of minder van de geselecteerde indicatoren een nowcastingaanpak te ontwikkelen. Het criterium hiervoor is met name de kwaliteit van de nowcast. Eventueel kan geconcludeerd worden dat bepaalde indicatoren beter niet ge-nowcast kunnen worden.

Via nowcasting-technieken zal getracht worden cijfers voor de meest recente periode (T-1) te ramen. Voor een aantal indicatoren die momenteel veel minder tijdig zijn, bijvoorbeeld T-3, wordt een versnelling met deze techniek naar T-2 ook als een verbetering gezien.

Door dit onderzoek zal een deel van de niet-tijdige indicatoren worden geactualiseerd en in de 2020-editie van de Monitor kunnen worden opgenomen. In overleg met de opdrachtgever wordt besloten over het daadwerkelijk opnemen van genowcaste indicatoren in de Monitor. In de Monitor zal expliciet de status van een indicator worden vermeld indien het een op basis van nowcasting versnelde indicator betreft.

1.1 Leeswijzer

In dit rapport bespreken we eerst in Hoofdstuk 2 de reeksen die dienen te worden genowcast. In Hoofdstuk 3 bespreken we de gekozen methodologie. Hierin worden eerst de nowcast-modellen besproken die met elkaar zijn vergeleken. Daarna bespreken we ook de evaluatiecriteria waarmee de modellen tegen elkaar worden afgezet, en de beslissingscriteria waarmee we besluiten of een indicator wel of niet versneld in de 2020-editie van de Monitor opgenomen zou kunnen worden. In Hoofdstukken 4 en 5 worden de nowcasts per indicator besproken, waarbij we de indicatoren hebben opgesplitst naar de afdelingen waar ze worden bepaald, de sector Nationale Rekeningen (ENR, Hoofdstuk 4) en de sector Leefomgeving (SLO, Hoofdstuk 5). Ook zijn er een aantal indicatoren waarvoor gedurende het project is gebleken dat ze toch door de betreffende afdeling versneld kunnen worden, bijvoorbeeld door extra beschikbare data of door het verwerkingsproces te versnellen. Deze inhoudelijke aanpak verdient uiteraard de voorkeur, daarom ontwikkelen we voor deze indicatoren geen nowcastingmodel. Aan het begin van hoofdstukken 4 en 5 zal eerst een overzicht gegeven worden van de indicatoren waarvoor dit geldt. In hoofdstuk 6 zullen we afsluiten en samenvatten welke indicatoren versneld opgenomen kunnen worden in de 2020-editie van de Monitor.

2. Te versnellen indicatoren

Als eerste stap is een inventarisatie gedaan van alle indicatoren die in de Monitor zijn opgenomen in hoofdstuk 2 (Brede Welvaartstrends) en hoofdstuk 4 (SDG's, Sustainable Development Goals) uit de tweede editie van de Monitor (2019) en die een publicatiejaar ouder dan T-1 hebben. De cijfers gebruikt in Hoofdstuk 3 zijn al tijdig. Vanuit deze inventarisatie zijn alleen de indicatoren geselecteerd die door het CBS of Eurostat worden geproduceerd. Dit omdat het niet wenselijk is om cijfers, ontwikkeld door andere instituten, eenzijdig te versnellen.

Vervolgens zijn deze indicatoren in een aantal hoofdthema's ingedeeld, overeenkomend met de samenhang waarin ze in de Monitor gepresenteerd worden. Hierbij is gekozen voor de volgende hoofdthema's:

- Milieu, duurzaamheid en landbouw
- Research & Development (R&D)
- Overheidsuitgaven
- Armoede en inkomen
- Sterfte/criminaliteit/veiligheid en gezondheid

In dit rapport richten we ons op het eerste thema. De overige thema's zullen in vervolgrapporten aan de orde komen.

Binnen elk thema is door de inhoudelijke experts een vooronderzoek gedaan op de geselecteerde indicatoren. Hierbij is onderzocht welke data en hulpindicatoren beschikbaar zijn. Hieruit is een deelverzameling van indicatoren gekomen die waarschijnlijk goed versneld kunnen worden, en waar voldoende hulpinformatie beschikbaar is. Aan de experts is gevraagd het volgende aan te leveren:

- Een tijdreeks van de indicator zelf, zoals gepubliceerd in de monitor.
- Tijdreeksen van de hulpbronnen per indicator (die gelijk of eerder beginnen maar langer doorlopen dan de doelindicator).

2.1 Thema milieu, duurzaamheid en landbouw

In dit rapport richten we ons op het thema Milieu, duurzaamheid en landbouw. De indicatoren binnen dit thema worden door twee afdelingen van het CBS gepubliceerd, de sector Leefomgeving (SLO) en de sector Nationale Rekeningen (ENR), in het bijzonder het team Arbeid en Milieurekeningen.

Binnen dit thema bleken er 28 indicatoren te zijn die in de 2019 editie van de Monitor nog niet actueel genoeg waren, en dus rapporteerden over T-2 of eerder. Eerst is eerst door de inhoudelijke experts een vooronderzoek gedaan op deze indicatoren. Hierbij is gekeken welke data, tijdreeksen en steunindicatoren beschikbaar zijn. Uit dit onderzoek is een deelverzameling van 16 indicatoren gekomen die mogelijk geschikt zijn om te versnellen. Van 12 indicatoren bleek dat hier momenteel geen versnelling mogelijk zal zijn. Deze laatste groep is weergegeven in Tabel 2.1.

Natuur- en bosgebieden
Weidegang van melkvee
Waterproductiviteit
Zuiveringsrendement stikstof stedelijk afvalwater
Zuiveringsrendement fosfor stedelijk afvalwater
Oppervlakte- en grondwaterwinning
Waterproductiviteit
Recycling van bedrijfsafval
Bedrijfsafval
Broeikasgasintensiteit van de economie
Emissies van verzurende stoffen
Grondstoffenvoetafdruk
Totaal: 12 indicatoren

Tabel 2.1: Indicatoren thema milieu die niet versneld kunnen worden

In Tabel 2.2 is een overzicht gegeven van de 16 indicatoren waar potentieel wel versnelling mogelijk is. We hebben elke indicator een code gegeven (de naam van de afdeling plus een cijfer) zodat er makkelijk naar verwezen kan worden. Ook is van elke indicator de tijdigheid weergegeven zoals deze in de Monitor in 2019 is gerapporteerd.

Code	Indicatoren per afdeling	Tijdigheid Monitor 2019
	ENR	
ENR1	Cumulatieve CO2-emissies	T-2 (2017)
ENR2	Werkgelegenheid duurzame energiesector	T-3 (2016)
ENR3	Investeringen hernieuwbare energie en besparingen	T-2 (2017)
ENR4	Totale milieu-uitgaven	T-3 (2016)
ENR5	Toegevoegde waarde milieusector	T-3 (2016)
ENR6	Werkgelegenheid milieusector	T-3 (2016)
ENR7	Binnenlands materialenverbruik	T-2 (2017)
ENR8	Overheidsuitgaven aan klimaatmitigatie	T-3 (2016)
ENR9	CO2 uitstoot nationale luchtvaartmaatschappijen	T-2 (2017)
ENR10	Fossiele energiereserves	T-2 (2017)
	SLO	
SLO1	Stikstofoverschot	T-2 (2017)
SLO2	Fosforoverschot	T-2 (2017)
SLO3	Benutting stikstof	T-2 (2017)
SLO4	Benutting fosfor	T-2 (2017)
SLO5	Gemeentelijk afval	T-2 (2017)
SLO6	CO2-uitstoot binnenlands verkeer en vervoer	T-2 (2017)
	Totaal: 16 indicatoren	

Tabel 2.2: Indicatoren thema milieu die potentieel versneld kunnen worden.

Hieronder geven we een korte beschrijving van elk van deze indicatoren.

2.1.1 ENR1: Cumulatieve CO2-emissies

Gecumuleerde of historische CO2-emissies: het gemiddelde van de sinds 1860 (het begin van de industriële revolutie in Nederland) per inwoner per jaar uitgestoten CO2-emissies. Het gaat om uitstoot als gevolg van menselijk handelen (dus exclusief natuurlijke emissies) die aan de atmosfeer is toegevoegd. Per verslagjaar is de som berekend van de CO2 die vanaf 1860 tot dan toe is uitgestoten. Deze wordt gedeeld door het aantal inwoners vanaf 1860 tot en met het verslagjaar. Het gemiddelde stijgt gestaag omdat recent meer wordt uitgestoten dan in de beginjaren na 1860.

- Eenheid: gemiddelde jaaruitstoot in ton CO2 per inwoner (1860-nu)

2.1.2 ENR2: Werkgelegenheid duurzame energiesector

Aandeel werkgelegenheid in de duurzame energiesector (hernieuwbare energie plus energiebesparing) in totale werkgelegenheid. Het gaat zowel om activiteiten m.b.t. exploitatie als om werkgelegenheid uit energie gerelateerde investeringen.

Eenheid: % van de totale werkgelegenheid

2.1.3 ENR3: Investerings hernieuwbare energie en besparingen

Investerings die nodig zijn voor de exploitatie van hernieuwbare energie. Hernieuwbare energie wordt opgewekt d.m.v. verschillende combinaties van bronnen (zoals wind en biomassa) en technieken (zoals windmolens en houtkachels).

- Eenheid: % van het bbp in lopende prijzen

2.1.4 ENR4: Totale milieu-uitgaven

Aandeel van de totale milieu-uitgaven (milieukosten plus milieu-investeringen) door de Nederlandse economie in het bbp in lopende prijzen.

- Eenheid: % van het bbp in lopende prijzen

2.1.5 ENR5-6: Toegevoegde waarde en Werkgelegenheid Milieusector

De milieusector bestaat uit bedrijven en instanties die activiteiten ontplooiën met betrekking tot het meten, voorkomen, limiteren, minimaliseren of corrigeren van milieuschade aan water, lucht en bodem, en/of die zich bezig houden met problemen gerelateerd aan afval, geluid en ecosystemen. Onder deze definitie vallen ook de 'schonere technologieën' en 'schonere producten en diensten' die het milieurisico verkleinen en het verbruik van natuurlijke hulpbronnen en vervuiling minimaliseren.

- Eenheid ENR5 toegevoegde waarde milieusector: Percentage van het BBP
- Eenheid ENR6 werkgelegenheid milieusector: percentage van de totale werkgelegenheid

2.1.6 ENR7: Binnenlands materialenverbruik

Binnenlands materialenverbruik is de totale hoeveelheid materiaal dat inwoners in het binnenland hebben verbruikt. Berekend als directe materiële input minus de uitvoer van fysieke materialen.

- Eenheid: kg per inwoner

2.1.7 ENR8: Overheidsuitgaven aan klimaatmitigatie

Mitigatie is de term die in het klimaatbeleid wordt gebruikt voor maatregelen die beogen emissies van de broeikasgassen kooldioxide (CO2), methaan (CH4), lachgas (N2O) en een aantal fluorverbindingen (HFK's, PFK's en zwavelhexafluoride) te verminderen. Het mitigatiebeleid van de overheid is gericht op het terugdringen van de uitstoot van broeikasgassen door bedrijven en huishoudens. Bij mitigatie van de klimaatverandering zijn de uitgaven voor klimaatadaptatie niet inbegrepen.

- Eenheid: % bbp in lopende prijzen

2.1.8 ENR9: CO2 uitstoot nationale luchtvaartmaatschappijen

CO2-uitstoot in kg van Nederlandse luchtvaartmaatschappijen bij vervoer van passagiers en vracht door de lucht, per inwoner. Het betreft emissies voor zover die samenhangen met Nederlandse economische activiteiten, ongeacht of deze in Nederland of in het buitenland worden uitgestoten.

- Eenheid: kg uitstoot per inwoner

2.1.9 ENR10: Fossiele energiereserves

Calorische waarde van energiereserves per inwoner op 31 december. De reserves bestaan uit de in Nederland aangetroffen hoeveelheden aardgas en aardolie die aangetoond en commercieel winbaar zijn vermeerderd met hoeveelheden waarvan winning aannemelijk is.

- Eenheid: terajoules per inwoner

2.1.10 SLO1-4: Mineralenbalans

Hieronder vallen de volgende vier indicatoren:

- SLO1: Stikstofoverschot
- SLO2: Fosforoverschot
- SLO3: Benutting stikstof
- SLO4: Benutting fosfor

Omschrijving:

Fosforoverschot: Aanvoer minus afvoer van fosfor naar lucht en bodem in kilogram per hectare cultuurgrond.

Stikstofoverschot: Aanvoer minus afvoer van stikstof naar lucht en bodem in kilogram per hectare cultuurgrond.

Benutting stikstof en fosfor: De benutting mineralen cultuurgrond is gedefinieerd als het percentage afvoer via gewassen t.o.v. de totale aanvoer van mineralen naar cultuurgrond.

Eenheid:

- **Benutting:** % fosfor resp. stikstofafvoer via gewassen t.o.v. totale aanvoer
- **Overschot:** kg fosfor resp. stikstof per hectare cultuurgrond

2.1.11 SLO5: Gemeentelijk afval

Afvalstoffen die door of in opdracht van de gemeenten worden ingezameld. Daarnaast zijn ook de hoeveelheden textiel en oud papier en karton, die door liefdadigheidsorganisaties, scholen en verenigingen zijn ingezameld, in de cijfers inbegrepen. Afval van de landbouw en van industrieën zijn niet inbegrepen.

- Eenheid: ingezameld afval in kg per inwoner

2.1.12 SLO6: CO2-uitstoot binnenlands verkeer en vervoer

CO2-emissies naar lucht in Nederland door mobiele bronnen (transportmiddelen en mobiele werktuigen met een verbrandingsmotor. Voorbeelden van transportmiddelen zijn personenauto's, vrachtauto's, binnenvaartschepen en vliegtuigen. Bij mobiele werktuigen moeten we onder andere denken aan landbouwtrekkers, vorkheftrucks en (wegen)bouwmachines).

- Eenheid: kg per inwoner

3. Aanpak

3.1 Gemaakte keuzes

Aangezien er nowcasts gemaakt moeten worden voor een groot aantal indicatoren, is een aanpak ontwikkeld die enerzijds zo goed mogelijk te automatiseren valt, en anderzijds toch per indicator een zo goed mogelijke nowcast oplevert. Om deze generieke aanpak te kunnen ontwikkelen is ook een aantal keuzes gemaakt. Er is zoveel mogelijk gebruik gemaakt van modellen waar eerder ervaring mee is opgedaan en die die succesvol geïmplementeerd zijn. Dat betekent dat er een beperkte modelverzameling is gebruikt om per indicator uit te kiezen. Deze modellen worden verderop in dit hoofdstuk besproken. Daarna wordt ook toegelicht hoe per indicator het beste model geselecteerd wordt.

Een andere beperking is dat we gekozen hebben om alleen modellen te gebruiken die geschikt zijn voor data op jaarniveau. Bij het inventariseren van de beschikbare hulpbronnen bleek dat er slechts een beperkt aantal hulpreksen op bijvoorbeeld kwartaalniveau beschikbaar was. Potentieel biedt dit mogelijkheden tot een nauwkeuriger nowcast, maar het vergt ook een complexer model. De te nowcasten indicatoren zijn altijd op jaarniveau.

Verder is in het nowcastingsproces gekozen voor het gebruiken van univariate modellen. Dit wil zeggen dat elke doelreeks met een apart model genowcast wordt. De doelreeksen binnen een thema kunnen echter wel gerelateerd zijn. We zouden hiervoor een multivariate aanpak kunnen volgen, waarin twee of meer gerelateerde indicatoren simultaan gemodelleerd worden, maar dit maakt het wellicht ingewikkelder dan nodig. Het vergt ook uitgebreider onderzoek naar welke indicatoren gezamenlijk gemodelleerd zouden kunnen worden. Bovendien is een dergelijke aanpak dan niet meer generiek toepasbaar. Om te voorkomen dat de gekozen aanpak toch strijdige nowcasts oplevert voeren we binnen elk thema een controle uit op de consistentie binnen de cijfers door de cijfers voor te leggen aan de experts.

3.2 Implementatie

De ontwikkelde aanpak rekent op basis van een verzameling modellen en aangeleverde hulpreksen automatisch door hoe goed de nowcasts zijn die elke mogelijke combinatie van model en hulpreks(en) oplevert voor een bepaalde indicator. Dit wordt uitgedrukt in een aantal kwaliteitsmaten. Op basis hiervan kan een keuze gemaakt welk model en welke hulpvariabelen gebruikt moeten worden.

De aanpak is geprogrammeerd in R (R Core Team, 2018), waarbij o.a. gebruik is gemaakt van het package 'forecast' (Hyndman et al., 2019) voor de ARIMA-modellen, en voor KFAS (Helske, 2017) voor structurele tijdreeksmodellen.

3.3 Hulpbronnen

Om een goede nowcast te kunnen maken zijn hulpbronnen nodig. Dit zijn reeksen die sterk correleren met de doelreeks en kunnen helpen de meest recente periode te schatten. In tegenstelling tot de doelreeks zelf zijn ze al beschikbaar voor de verslagperiode. De reeksen geven dus al enige informatie over het meest recente verslagjaar van de Monitor.

De inhoudelijk experts is gevraagd dergelijke hulpreksen te selecteren voor hun indicator. Zij hebben onderzocht welke hulpbronnen er beschikbaar zijn en tijdig genoeg zijn om in een model op te kunnen nemen. Tijdig genoeg betekent in deze dat er op 1 maart (of eerder) in jaar T een cijfer voor het jaar T-1 beschikbaar is. Deze hulpbronnen hoeven niet per se van het CBS afkomstig te zijn. De hulpbronnen moeten een tijdreeks hebben die bij voorkeur net zo ver terug gaat als de indicator zelf en loopt tot en met het verslagjaar van de Monitor. Door de experts is een grove selectie gemaakt van hulpreksen, daarbij is er helaas niet voor elke indicator een geschikte hulpreks gevonden. Welke hulpreksen in het uiteindelijk geselecteerde model terechtkomen wordt in de

modelselectieprocedure bepaald, op basis van de statistische kwaliteitsmaten die we hieronder zullen bespreken.

Naast hulpreksen is de experts ook gevraagd eventuele informatie over breuken of extreme gebeurtenissen in de reksen aan te leveren, deze kunnen dan ook in de modellering opgenomen worden. Binnen de modellen is het ook mogelijk automatisch dergelijke effecten te laten detecteren, maar dit hebben we niet gedaan; we zijn uitgegaan van de kennis van de experts.

3.4 Onderzochte methoden

Elke keer als we een nowcast maken voor periode T-1, gaan we er van uit de doelvariabele beschikbaar is tot en met periode T-2, en dat de hulpinformatie beschikbaar is tot en met periode T-1. Zonder hulpinformatie zou de nowcast dus volledige afhankelijk van zijn patroon in het verleden, en geen informatie over de verslagperiode gebruiken. Door hulpinformatie te gebruiken wordt er een waarde voor de doelvariabele geëxtrapoleerd, op basis van de historische reeks en de actuele data die we hebben. Hieronder beschrijven we methoden die geschikt zijn om een dergelijke situatie te modelleren.

We behandelen achtereenvolgens de volgende tijdreeksmodellen:

- Naïeve methoden
- ARIMA-modellen
- Structurele tijdreeksmodellen (STM)

In onderstaande beschrijving is t een willekeurige periode uit een tijdreeks. Periode $t=T$ is het jaar waarin de Monitor gepubliceerd wordt, en waarin er dus cijfers over $t=T-1$ zouden moeten staan. Voor de nowcasts geldt dan dat de reeks loopt tot $t=T-2$, en de hulpinformatie tot $t=T-1$.

3.5 Naïeve aanpak

Een naïeve aanpak is een zeer eenvoudige extrapolatiemethode, die uitgaat van het principe dat de meest recente waarden van een tijdreeks waarschijnlijk dicht in de buurt liggen van de eerstvolgende waarde. De voorspelling voor de verslagperiode is daarom gelijk aan de waarde van de periode daarvoor:

$$\hat{y}_t = y_{t-1}$$

Waarbij y_t de waarde van de tijdreeks in periode t is. In de praktijk blijkt dit, hoewel eenvoudig, toch vaak redelijke resultaten op te leveren. Echter, de methode modelleert niet de complexe dynamiek die zich afspeelt in een tijdreeks, en kan dus essentiële informatie missen om een goede voorspelling te leveren. Tijdreeksmodellen zoals STM en ARIMA gebruiken wel de complete historie om de data te modelleren. Daarmee wordt voorkomen dat heel toevallig een goede nowcast wordt geleverd. Aangezien de naïeve methode alleen gebruik maakt van de indicator zelf, kan er ook geen gebruik gemaakt worden van hulpbronnen. Om deze redenen dient deze methode dus vooral als een benchmarkmethode om de kwaliteit van andere modellen te beoordelen.

3.6 ARIMA

ARIMA-modellen kunnen net als structurele tijdreeksmodellen de dynamiek in een tijdreeks beter modelleren, zoals trends en seizoenpatronen. Ook bieden ARIMA-modellen de mogelijkheid om regressoren op te nemen, in ons geval de hulpreksen.

Een ARIMA-model voor jaarreeksen (dus zonder seizoenpatroon) wordt beschreven aan de hand van drie parameters, namelijk p, d , en q . Deze beschrijven de drie onderdelen van een ARIMA-model, namelijk het AR-, I- en MA-deel. Hierbij staat AR(p) voor het autoregressieve deel, wat wil zeggen dat de reeks y_t verklaard wordt uit p eerdere waarden van die reeks, namelijk $y_{t-p}, \dots, y_{t-1} - 1$. Het deel MA(q) staat voor moving average, wat duidt op het verklaren van y_t uit een reeks van eerdere storingen of schokken die de reeks beïnvloeden: $\varepsilon_{t-1}, \dots, \varepsilon_{t-q}$. Verder staat I(d) staat voor integrated. Als bijvoorbeeld $d=1$ is de te verklaren variabele niet y_t , maar $z_t = y_t - y_{t-1}$. Een ARIMA(1,1,0)-model ziet er dan bijvoorbeeld als volgt uit:

$$y_t - y_{t-1} = \beta_1 \cdot (y_{t-1} - y_{t-2}) + \varepsilon_t$$

Voor modellen met hogere waarden van p, d en q worden de formules vrij complex en impliciet, en zullen we hier achterwege laten. Zie Box en Jenkins (1970) voor meer details.

In onze aanpak hanteren we de volgende werkwijze.

- Met auto.arima uit het forecast package kiezen we een beste ARIMA model. Dit is dan het model wat de beste in-sample fit geeft, op basis van het Akaike Information Criterion. Hierbij zijn de waarden van p, d en q maximaal 5, 2 en 5 respectievelijk. De hulpreeks(en) word(t)(en) opgenomen als regressor, analoog aan een klassieke lineaire regressie. Welke hulpreksen precies wel en niet worden geselecteerd, wordt pas later bepaald bij de crossvalidatie.
- Met dit model maken we een nowcast voor de eerstvolgende periode.

3.7 Structurele Tijdreeksmodellen (STM)

De klasse van structurele tijdreeksmodellen (STM) is een brede groep modellen die geschikt is om uiteenlopende tijdreeksen te modelleren. Een voordeel van Structurele tijdreeksmodellen (STM) ten opzichte van bijvoorbeeld ARIMA-modellen is dat tijdreekscomponenten als trend en seizoen expliciet gemodelleerd worden, en deze modellen daardoor makkelijker te interpreteren zijn. Daarnaast heeft de standaard schattingstechniek voor deze modellen, middels de Kalman filter, enkele praktische voordelen, zoals het om kunnen gaan met ontbrekende waarnemingen, waardoor deze klasse van modellen geschikt is voor nowcastingtoepassingen.

In dit onderzoek beschouwen we univariate modellen. De modellen die we onderzoeken zijn allen speciale gevallen van een standaard structureel tijdreeksmodel (zie Harvey, 1989, Durbin en Koopman, 2012). Het model ontleedt een tijdreeks in een trendcomponent en een onregelmatige component. Daarnaast worden de variaties in de reeks nog deels verklaard door een hulpvariabele. In dit model wordt de waarneming y_t uitgedrukt als een functie van een trend μ_t plus een onregelmatige term ε_t . Verder zijn er k hulpvariabelen x_{jt} met bijbehorende regressiecoëfficiënten β_{jt} :

$$y_t = \mu_t + \sum_{j=1}^k \beta_{jt} x_{jt} + \varepsilon_t \quad \text{met } \varepsilon_t \sim \text{NID}(0, \sigma_\varepsilon^2)$$

Alle componenten worden verondersteld een stochastisch proces te volgen. De trend μ_t bestaat uit een niveau-componenten en een richtingscoëfficiënt (ofwel 'slope') v_t . Het niveau en de richtingscoëfficiënt kunnen niet waargenomen worden en worden daarom ook wel 'unobserved components' genoemd. De ontwikkeling van deze componenten wordt met de volgende vergelijkingen beschreven:

$$\begin{aligned} \mu_{t+1} &= \mu_t + v_t + \xi_t && \text{met } \xi_t \sim \text{NID}(0, \sigma_\xi^2) \\ v_{t+1} &= v_t + \zeta_t && \text{met } \zeta_t \sim \text{NID}(0, \sigma_\zeta^2) \end{aligned}$$

De storingstermen ξ_t en ζ_t in bovenstaande vergelijkingen worden onafhankelijk van elkaar verondersteld en zorgen ervoor dat niveau en slope kunnen variëren door de tijd heen. Dus in tegenstelling tot een standaard lineaire regressie waar de slope constant is, kan de slope in een STM veranderen.

Binnen dit algemene model zullen we enkele special gevallen onderzoeken. Zowel het level als de slope kan met of zonder storingsterm gemodelleerd worden, ofwel deterministisch of stochastisch zijn. Ook kunnen deze componenten elk helemaal weggelaten worden uit het model. Op deze manier krijgen we een aantal combinaties. Onderstaande tabel vat de onderzochte modellen samen:

Level	Slope	Naam
Deterministisch	-	Deterministic level model
Stochastisch	-	Local level model
Deterministisch	Deterministisch	Lineaire regressie
Stochastisch	Deterministisch	Local level with deterministic slope
Deterministisch	Stochastisch	Smooth trend model
Stochastisch	Stochastisch	Local linear trend model

Tabel 2.1: Overzicht van speciale gevallen

Om deze modellen te kunnen schatten (zie o.a. Durbin en Koopman, 2012) wordt eerst een Maximum Likelihood-procedure gevolgd om de varianties van alle storingstermen te schatten. Vervolgens wordt de Kalman filter en smoother toegepast om de toestandsvariabelen te schatten voor elke periode van de tijdreeksen. Om nowcasts te maken zullen we de voorspelde waarden ('predictions') van de Kalman filter gebruiken. De Kalman filter maakt elke periode een éénstaps voorspelling van de toestandsvariabelen, die later bijgesteld (gefilterd) worden als nieuwe waarnemingen beschikbaar komen. Door de laatste waarneming te verwijderen kunnen we nowcasts maken en deze vergelijken met de werkelijke waarde van de tijdreeks. Behalve de voorspelde waarden (nowcast) wordt ook een 95%-betrouwbaarheidsinterval getoond. Dit interval toont de uiterste grenzen waarbinnen de waarde van de doelvariabele met een waarschijnlijkheid van 95% in ligt, gegeven bepaalde modelmatige aannames.

3.8 Overzicht modellen

Hieronder worden allen onderzochte modellen weergegeven. Voor het gemak hebben we de modellen genummerd, deze nummering wordt ook gebruikt in de paragrafen met resultaten.

Nummer	Omschrijving
0	Naïef model
1	Deterministic level model
2	Local level model
3	Lineaire regressie
4	Local level with deterministic slope
5	Smooth trend model
6	Local linear trend model
7	ARIMA (p,d,q) modellen

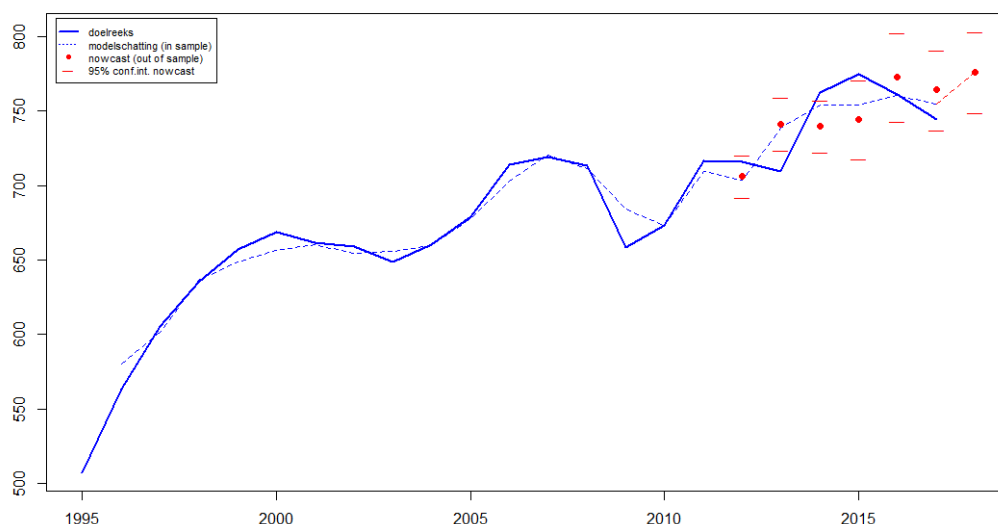
Tabel 2.2: Overzicht van speciale gevallen

3.9 Crossvalidatie en modelselectie

Om de verschillende modellen te kunnen vergelijken, voeren we een zogenaamde crossvalidatie ofwel real time analyse uit. Dit betekent dat we net doen alsof we in het verleden leven en een nowcast moeten doen voor een periode die eigenlijk al bekend is. Als je dit voor elk model een paar keer doet, kun je voor elk model een aantal nowcasts vergelijken met de echte cijfers.

Dit rapport heeft bijvoorbeeld betrekking op $T-1 = 2018$, en de crossvalidatie maakt gebruik van de periode 2012 t/m 2017 (in een enkel geval 2012 t/m 2016), waarover we zowel een nowcast kunnen doen als een echte waarde hebben. Dit betekent dat we per model 6 jaren aan nowcasts kunnen vergelijken met de werkelijke waarden voor diezelfde perioden. De keuze voor 6 jaren is gemaakt om een balans te vinden tussen de hoeveelheid historische data die gebruikt wordt om de data te modelleren en voldoende perioden om over te evalueren. Op deze manier hebben we bij reeksen die beginnen in 2000 een minimum van 12 jaar om de parameters van elk model te schatten. Een langere vergelijkingsperiode dan 6 jaar zou betekenen dat er minder historische data is om de modellen te schatten, en dat ook minder recente jaren (die vóór 2012) de vergelijking beïnvloeden. De verwachting is overigens dat het beeld niet heel anders wordt met een iets langere evaluatieperiode.

In onderstaande figuur is een voorbeeld van een crossvalidatie weergegeven. De blauwe lijn is hier de originele reeks, zoals die loopt tot de meest recente periode (2017). De rode stippen zijn de historische nowcasts, zoals die gemaakt zijn met data tot één periode vóór die nowcastperiode. Ook hun 95%-voorspelmarges zijn weergegeven, met rode streepjes. Door deze nowcasts samen met de uiteindelijke reeks weer te geven kunnen we snel zien hoe nauwkeurig de nowcasts waren. Er is ook een nowcast weergegeven voor 2018. Hiervoor is nog geen werkelijke waarde beschikbaar.



Het proces van crossvalidatie is schematisch weergegeven in onderstaande tabel. Hier worden 6 opvolgende nowcasts gemaakt. Voor nowcast 1 wordt eerst data van 2000-2011 gebruikt om het model te schatten, en wordt vervolgens een nowcast gemaakt voor 2012. Voor de volgende nowcasts is telkens één periode extra aan historische data beschikbaar. Telkens opnieuw worden de modelparameters geschat, en wordt een nowcast voor de volgende periode gemaakt. Als alle nowcasts gemaakt zijn kunnen we deze vergelijken met de inmiddels beschikbaar gekomen

werkelijke waarden van de tijdreeks. In de meest rechtse kolom wordt het verschil genomen tussen de nowcast en de werkelijke waarde.

Jaar	Data	Nowcast 1	Nowcast 2	Nowcast 3	Nowcast 4	Nowcast 5	Nowcast 6	Evaluatie					
2000	y_1	Schatten model	Schatten model	Schatten model	Schatten model	Schatten model	Schatten model	X					
2001	y_2							X					
2002	y_3							X					
2003	y_4							X					
2004	y_5							X					
2005	y_6							X					
2006	y_7							X					
2007	y_8							X					
2008	y_9							X					
2009	y_{10}							X					
2010	y_{11}							X					
2011	y_{12}	X											
2012	y_{13}	nowcast 1	Schatten model	Schatten model	Schatten model	Schatten model	Schatten model	nowcast 1 - y_{13}					
2013	y_{14}	X						nowcast 2	nowcast 2 - y_{14}				
2014	y_{15}	X						X	nowcast 3	nowcast 3 - y_{15}			
2015	y_{16}	X						X	X	nowcast 4	nowcast 4 - y_{16}		
2016	y_{17}	X						X	X	X	nowcast 5	nowcast 5 - y_{17}	
2017	y_{18}	X						X	X	X	X	nowcast 6	nowcast 6 - y_{18}

Tabel 2.2: Schematische weergave crossvalidatie. X = niet gebruikte data.

Uiteraard is idealiter het verschil tussen deze twee zo klein mogelijk voor alle waarden van de evaluatieperiode en ligt de nowcast dus zo dicht mogelijk bij de echte waarde. Je kunt 'zo dichtbij mogelijk' echter op verschillende uitdrukken, hieronder definiëren we daarom verschillende kwaliteitsmaten. We definiëren \hat{y}_t als de nowcast voor periode t, en y_t als de werkelijke waarde voor deze periode. We kijken naar de volgende maten:

Mean error:

$$ME = \frac{1}{N} \sum_{t=T-N}^T (\hat{y}_t - y_t)$$

Mean Absolute Error:

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{t=T-N}^T |\hat{y}_t - y_t|$$

Root Mean Squared Error:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{t=T-N}^T (\hat{y}_t - y_t)^2}$$

Mean Absolute Percentage Error:

$$\text{MAPE} = \frac{1}{N} \sum_{t=T-N}^T \left| \frac{\hat{y}_t}{y_t} - 1 \right|$$

Als de nowcasts perfect zijn (ofwel $\hat{y}_t = y_t$) zal voor elk van deze maten het resultaat 0 zijn. In de praktijk zal dit echter nooit zo zijn, daarom geldt voor al deze maten dat ze idealiter dicht bij nul liggen. Het kan echter zijn dat de ene maat, bijvoorbeeld ME het ene model prefereert terwijl de andere maat, bijvoorbeeld MSE, een ander model prefereert. Hieronder beschrijven we hoe we op basis van o.a. de kwaliteitsmaten een geschikt model kiezen.

3.10 Acceptatiecriteria

Wanneer vinden we de nowcasts van voldoende kwaliteit om deze te kunnen publiceren in de 2020-editie van de Monitor? Op het CBS is een richtsnoer 'modelmatig schatten bij het CBS' (Buelens et al., 2013) opgesteld. De aanbevelingen hieruit vormen de basis voor onze acceptatiecriteria en geven we daarom hier weer:

In de officiële statistiek worden modellen ingezet in situaties waar niet alle data die nodig zijn ook beschikbaar zijn. Met behulp van een model worden ontbrekende data geschat. Als richtsnoer voor dit gebruik van modellen geldt:

1. *De gepubliceerde statistische gegevens moeten objectief en betrouwbaar blijven. De data waarmee het model geschat wordt, moeten daarom betrekking hebben op het verschijnsel dat beschreven wordt, dat wil zeggen dat de objecten en populaties van het model overeenkomen met het statistische verschijnsel dat beschreven wordt. Het model wordt alleen gebruikt voor tijdsperioden waarvoor gegevens beschikbaar zijn. Dit sluit het maken van voorspellingen, prognoses en analyses van beleidsvoornemens uit. Verder moeten de gepubliceerde statistische gegevens robuust zijn tegen falen van het model.*
2. *Of voor niet-gepubliceerde onderdelen, de "tussenproducten," van statistische gegevens het gebruik van modellen wel aanvaardbaar is, zal afhangen van de relatieve omvang van die onderdelen en van het antwoord op de vraag of de risico's die het gebruik van modellen voor die onderdelen met zich mee brengen ook voor het te publiceren gegeven gelden.*
3. *De gebruikte modellen moeten voldoen aan eisen rond de functie van het model, de voor schatting gebruikte data, standaardisatie van de methode, de modelselectie, de modelfit, de robuustheid en de stabiliteit van het model, de omvang van de gemiddelde kwadratische fout, en de verantwoording in de documentatie (zie paragraaf 3.3).*
4. *Het gebruik van modellen is in eerste instantie de verantwoordelijkheid van de statisticus en het statistisch management, waarbij DMS en PIM advies en ondersteuning kunnen geven. Een assessment van het modelgebruik conform dit richtsnoer behoort tot de verantwoording van het statistische proces en behoort op de gebruikelijke wijze in de procesdocumentatie opgenomen te worden. Betreft het gebruik van modellen een wezenlijk element van de desbetreffende statistiek, dan wordt dit ook in de externe documentatie vermeld.*

Mede op basis hiervan komen we tot de volgende criteria:

Procesversnelling of modelmatige versnelling

Er is een voorkeur voor het versnellen door de inhoudelijke afdeling, door bijvoorbeeld het verwerkingsproces te versnellen of door een schatting te maken o.b.v. gedeeltelijke gegevens. Pas als dit niet mogelijk is wordt een modelmatige aanpak via nowcasting onderzocht. In dat geval gelden de volgende criteria:

Lengte tijdreeksen

Om een goede nowcast te kunnen maken zijn er voldoende historische gegevens nodig. Dit is nodig om een model goed te schatten en om een real time analyse (crossvalidatie) te doen over voldoende perioden. Bij jaardata (wat alle indicatoren in de Monitor zijn) willen we minimaal 12 waarnemingen, waarbij een crossvalidatie gedaan wordt over minimaal de laatste 4 jaar. Dit is uiteraard een ondergrens, langere tijdreeksen verdienen de voorkeur. Ook is dit mede afhankelijk van de complexiteit van de dynamiek in de reeks. In de praktijk zijn voor alle indicatoren in de Monitor voldoende lange reeksen beschikbaar, en kunnen we een crossvalidatie doen over de laatste 6 jaar.

Aanwezigheid hulpinformatie

Om een goede nowcast te maken is informatie over de verslagperiode van een hulpbron nodig. Dit kan gedeeltelijke informatie over de doelvariabele zijn, of gerelateerde (zowel inhoudelijk samenhangend als gecorreleerd) informatie van een hulpvariabele. Als deze er niet is, zou een extrapolatie gemaakt worden op basis van allen de historie van de doelreeks. Conform punt 1 van het richtsnoer doen we dat niet.

Daarbij is het verstandig om terughoudend te zijn bij het gebruik van BBP als hulpvariabele, omdat anders teveel (nowcasts van) brede welvaartsindicatoren afhankelijk worden van de ontwikkeling van het BBP, wat onwenselijk is. Het kan echter wel voorkomen, met name bij economische variabelen, dat het BBP als hulpreeks het model dermate kan verbeteren dat er toch voor gekozen wordt BBP als hulpreeks in te zetten.

Type model

Het beste model is niet altijd goed genoeg om te gebruiken voor publicatie. Het doel is immers om het gekozen model één of meerdere jaren te gaan gebruiken voor toekomstige nowcasts. Een Naïef model of lineaire regressie (zonder hulpvariabelen) zien we als benchmark, maar willen we niet gebruiken omdat deze de complexere dynamiek in de tijdreeks niet kunnen modelleren, met het risico dat toekomstige nowcasts onnauwkeurig zijn. Als deze modellen er als beste uitkomen is dit een teken dat de reeks complex is. Ook als een model zonder hulpvariabelen als beste uit de vergelijking komt, kiezen we ervoor deze niet te gebruiken.

Kwaliteitsmaten

Om een keuze te kunnen maken tussen modellen is aan de onderzoekers die de Monitor samenstellen gevraagd wat men belangrijk vindt bij de kwaliteit van een nowcast. Men heeft aangegeven dat een aantal constante voorspelfouten minder erg zijn dan afwisselend een aantal kleine en hele grote voorspelfouten. We kijken daarom eerst naar de gemiddelde kwadratische fout (RMSE) en daarna naar de absolute fout (MAE en MAPE). Vervolgens kijken we nog naar de structurele vertekening (ME). Kortom, in principe heeft een model met de laagste RMSE onze voorkeur, maar als de RMSEs van de verschillende modellen dicht bij elkaar liggen, kan het zijn dat op basis van één van de andere kwaliteitsmaten een andere model de voorkeur krijgt.

Onzekerheidsmarge

De historische analyse (crossvalidatie) levert een kwaliteitsmaat op aan de hand van de fouten tussen de nowcasts en de werkelijke waarden. Daarnaast heeft elke nowcast ook een

voorspelinterval of marge, waarin de werkelijke waarde met 95% zekerheid zal liggen. We eisen dat dat de werkelijke waarde van de indicator in alle 6 de perioden van de crossvalidatie binnen het 95% voorspelinterval ligt. Eventueel mag 1 van de 6 afwijken als het resultaat verder plausibel is.

Plausibiliteit

Ook een expert kijkt naar de historische nowcasts en bijbehorende marges, en beoordeelt of deze nauwkeurig en plausibel genoeg zijn om de indicator te nowcasten. Ook wordt daarbij op het voldoende oppikken van omslagpunten gelet.

4. Resultaten reeksen ENR

In dit hoofdstuk bespreken we de versnelling van de reeksen van de sector ENR. Een reeks kan versneld bepaald worden met behulp van een berekening van de expert, een betrouwbare externe bron of een nowcast. De eerste twee methoden verdienen in principe de voorkeur. We zullen daarom eerst bespreken voor welke reeksen dit geldt en daarna zullen we voor de reeksen waarvoor genowcast dient te worden de resultaten bespreken.

4.1 Reeksen die versneld bepaald kunnen worden

Tijdens het verzamelen van data ten behoeve van het nowcasten, blijkt soms dat er betere manieren zijn om een indicator te nowcasten dan met de nowcastmodellen beschreven in hoofdstuk 2. Het kan bijvoorbeeld zo zijn dat de huidige reeksen achterlopen omdat ze pas worden bepaald op het moment dat alle data binnen is. Het kan dan zo zijn dat er voor die tijd al wel een beperkt aantal bronnen beschikbaar zijn waarmee eerder al een aardige inschatting kan worden gemaakt. Dit noemen we hier een 'Expert raming'. Dit verdient over het algemeen de voorkeur boven een nowcast, omdat de aanpak dichter ligt bij de manier waarop ook de definitieve cijfers van deze reeksen bepaald worden. Ook is gebleken dat voor bepaalde indicatoren al nowcasts bestaan, ontwikkeld door één van de planbureaus. Zie Schoots en Hammingh (PBL, 2019) voor de twee indicatoren in onderstaande tabel. Omdat de nowcastmethodes die we hier ontwikkelen generiek zijn, is het waarschijnlijk dat een methode die gericht is op één specifieke reeks waarschijnlijk van hogere kwaliteit is dan van een generieke nowcast methode. Ook de inhoudelijk experts van deze reeksen hebben in deze gevallen een voorkeur voor de bestaande nowcasts. De reeksen waarvoor dit geldt zullen we in dit hoofdstuk bespreken.

Code in rapport	Naam indicator	Versneld door	Tijdigheid Monitor 2019
ENR1	Cumulatieve CO ₂ -emissies	Expert	T-2 (2017)
ENR2	Werkgelegenheid duurzame energiesector	PBL	T-3 (2016)
ENR3	Investeringen hernieuwbare energie en besparingen	PBL	T-2 (2017)
ENR4	Totale milieu-uitgaven	Expert	T-3 (2016)
ENR8	Overheidsuitgaven aan klimaatmitigatie	Expert	T-2 (2017)
ENR9	CO ₂ -uitstoot nationale luchtvaartmaatschappijen	Expert	T-2 (2017)
ENR10	Fossiele energiereserves	Expert	T-2 (2017)

Tabel 4.1: Indicatoren die versneld bepaald kunnen worden (zonder nowcastmodellen)

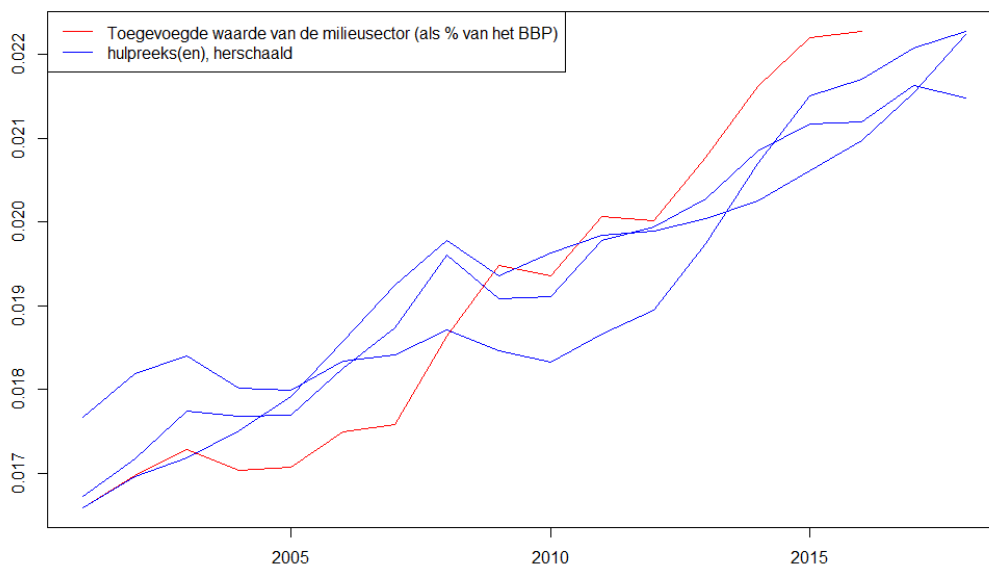
Voor de reeksen in tabel 4.1 is dus geen modelmatige nowcast nodig. De nowcasts voor de drie overgebleven ENR reeksen zullen we in de volgende secties bespreken.

4.2 ENR5: Toegevoegde waarde milieusector

De toegevoegde waarde van de milieusector is beschikbaar van 2001 tot en met 2016 (we gaan bij deze reeks dus twee nieuwe jaren nowcasten). Er zijn drie hulpreeksen beschikbaar, namelijk:

- BBP (in lopende prijzen)
- TW van waterbedrijven en afvalbeheer in lopende prijzen
- TW van waterbedrijven en afvalbeheer in werkelijke prijzen.

Deze staan samen met de doelreeks in figuur 4.1 hieronder weergegeven, waarbij de hulpreeks herschaald zijn ten behoeve van de figuur. In de berekeningen zijn deze niet herschaald.



Figuur 4.1 De TW van de milieusector en drie hulpreksen.

Nowcasts

Omdat de doelreeks als percentage van het BBP is weergegeven, vermenigvuldigen we eerst met het BBP, zodat we de originele reeks krijgen en BBP zelf ook als hulpvariabele kan worden gebruikt. Alle modellen voorspellen vijf keer één periode vooruit, d.w.z. 2012 tot en met 2016. Op basis van deze modellen zijn de evaluatiecriteria berekend. Voor de toegevoegde waarde ziet de tabel met de modevaluatie van de beste 10 modellen er zo uit:

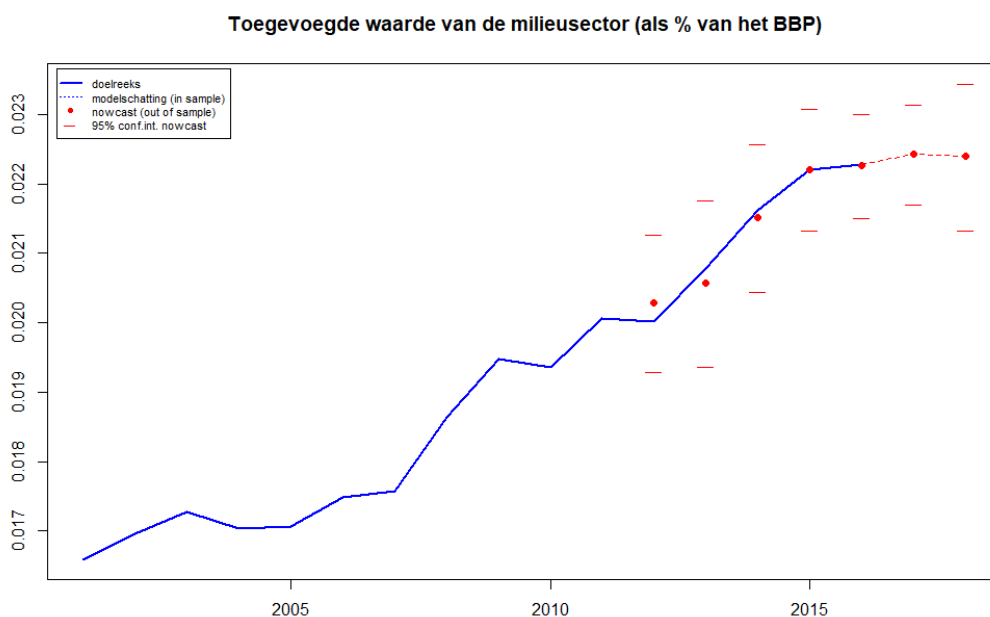
RMSE	ME	MAPE	MAE	model	hulpreksen
0,00016	-0,000009	0,59	0,00012	2 = Local level model	BBP in werkelijke prijzen + TW waterbedrijven en afvalbeheer (lopende prijzen)
0,00033	0,000049	1,10	0,00023	5 = Smooth trend model	BBP in werkelijke prijzen + TW waterbedrijven en afvalbeheer (lopende prijzen)
0,00033	0,000049	1,10	0,00023	6 = Local linear trend model	BBP in werkelijke prijzen + TW waterbedrijven en afvalbeheer (lopende prijzen)
0,00035	0,000145	1,31	0,00027	3 = Lineaire regressie	BBP in werkelijke prijzen + TW waterbedrijven en afvalbeheer (lopende prijzen)
0,00036	-0,000061	1,46	0,00031	4 = Local level with deterministic slope	BBP in werkelijke prijzen + TW waterbedrijven en afvalbeheer (lopende prijzen) + TW waterbedrijven en afvalbeheer (werkelijke prijzen)
0,00037	0,000152	1,35	0,00028	4 = Local level with deterministic slope	BBP in werkelijke prijzen + TW waterbedrijven en afvalbeheer (lopende prijzen)
0,00037	-0,000079	1,32	0,00029	1 = Deterministic level model	TW waterbedrijven en afvalbeheer (werkelijke prijzen)
0,00037	-0,000079	1,32	0,00029	7 = ARIMA	TW waterbedrijven en afvalbeheer (werkelijke prijzen)
0,00038	0,000171	1,61	0,00034	2 = Local level model	TW waterbedrijven en afvalbeheer (lopende prijzen)
0,00040	-0,000102	1,62	0,00034	6 = Local linear trend model	TW waterbedrijven en afvalbeheer (lopende prijzen) + TW waterbedrijven en afvalbeheer (werkelijke prijzen)

Tabel 4.2: Modelvergelijking beste 10 modellen TW in de milieusector

Op basis van tabel 4.2 verdient voor de TW van de milieusector model 2 (= Local level model) met de hulpreksen BBP en TW waterbedrijven en afvalbeheer (in lopende prijzen) de voorkeur, omdat deze zowel de kleinste RMSE als ME (in absolute waarde) heeft.

Met dit model zijn de nowcasts voor de toegevoegde waarde van de milieusector als percentage van het BBP in 2017 en 2018 respectievelijk 2.24% en 2.23%, met 95% betrouwbaarheidsintervallen van

(2.17%; 2.31%) en (2.13%; 2.34%). De grafiek met 5 historische nowcasts en een nowcast voor 2017 en 2018 ziet er als volgt uit:



Figuur 4.2: Nowcast TW van de milieusector

Conclusie

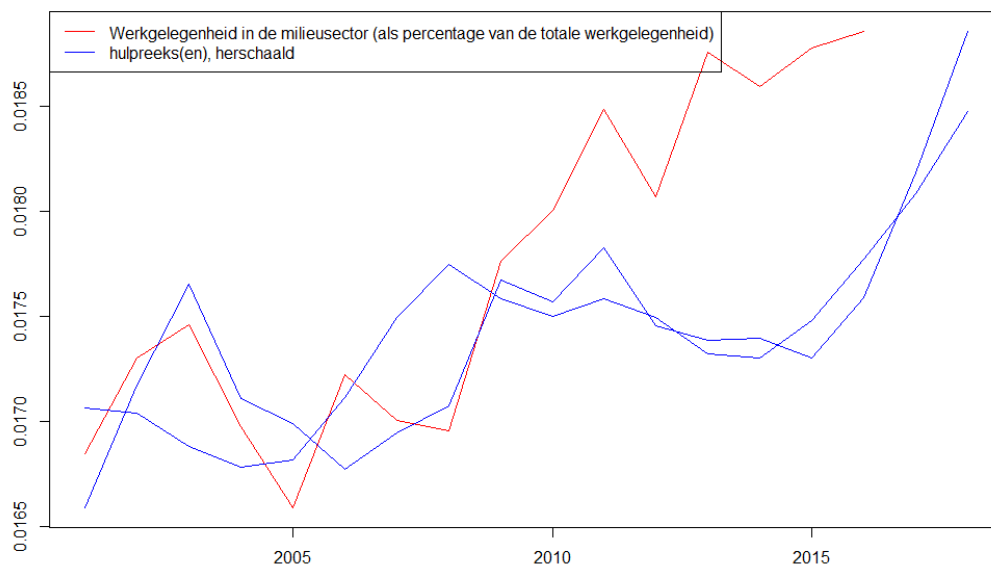
De nowcasts van de reeks toegevoegde waarde van de milieusector zien er goed uit, ze liggen allemaal dicht bij de werkelijke waarden en binnen de genowcaste betrouwbaarheidsintervallen. Ook zijn de nowcasts gebaseerd op inhoudelijk sterke hulpreeksen. Daarom is ons advies om deze reeks wel te nowcasten. Hierbij is het goed om op te merken dat er onderzocht is om deze reeks te nowcasten zonder BBP als hulpvariabele, maar de kwaliteit van de nowcasts wordt dan aanzienlijk minder, waardoor toch voor BBP als hulpvariabele is gekozen. De nowcasts zijn ook voorgelegd aan de inhoudelijk expert en deze kan zich goed vinden in de nowcasts in figuur 4.2.

4.3 ENR6: Werkgelegenheid in de milieusector

De werkgelegenheid in de milieusector is beschikbaar van 2001 tot en met 2017 en er zijn twee hulpreeksen beschikbaar, namelijk:

- Totale werkgelegenheid
- werkgelegenheid in riolering afvalbeheer en sanering.

Beide reeksen staan in figuur 4.3 hieronder, waarbij de hulpreeks is herschaald voor weergave in de figuur.



Figuur 4.3 De werkgelegenheid in de milieusector en hulpreeks.

In Tabel 4.3 zijn de modevaluaties van de beste 10 modellen weergegeven.

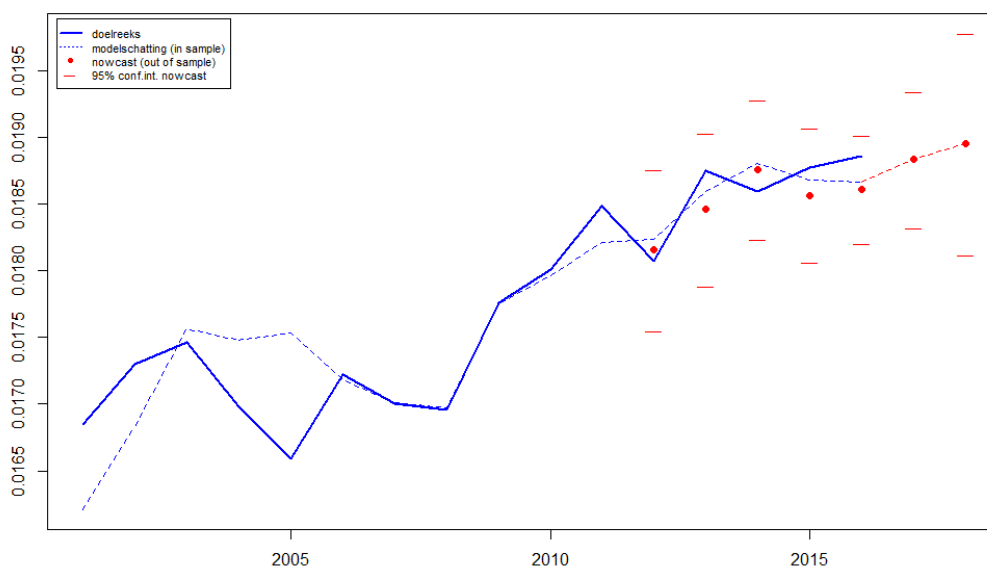
0,00021	-0,00010	1,06	0,00020	3 = Lineaire regressie	Werkgelegenheid in riolering, afvalbeheer en sanering
0,00021	0,00005	0,99	0,00018	3 = Lineaire regressie	geen
0,00026	-0,00017	0,91	0,00017	3 = Lineaire regressie	Totale werkgelegenheid
0,00032	0,00009	1,53	0,00028	5 = Smooth trend model	Totale werkgelegenheid + Werkgelegenheid in riolering, afvalbeheer en sanering
0,00034	-0,00006	1,47	0,00027	4 = Local level with deterministic slope	Totale werkgelegenheid + Werkgelegenheid in riolering, afvalbeheer en sanering
0,00036	-0,00018	1,25	0,00023	2 = Local level model	Totale werkgelegenheid + Werkgelegenheid in riolering, afvalbeheer en sanering
0,00036	-0,00002	1,87	0,00035	4 = Local level with deterministic slope	Werkgelegenheid in riolering, afvalbeheer en sanering
0,00037	0,00005	1,65	0,00031	6 = Local linear trend model	Totale werkgelegenheid + Werkgelegenheid in riolering, afvalbeheer en sanering
0,00037	-0,00016	1,86	0,00035	7 = ARIMA	Werkgelegenheid in riolering, afvalbeheer en sanering
0,00037	-0,00017	1,87	0,00035	2 = Local level model	Werkgelegenheid in riolering, afvalbeheer en sanering
0,00037	0,00001	1,88	0,00035	5 = Smooth trend model	Werkgelegenheid in riolering, afvalbeheer en sanering
0,00038	-0,00011	1,73	0,00032	2 = Local level model	Totale werkgelegenheid
0,00039	0,00000	1,97	0,00037	6 = Local linear trend model	Werkgelegenheid in riolering, afvalbeheer en sanering
0,00039	0,00005	1,71	0,00032	4 = Local level with deterministic slope	Totale werkgelegenheid
0,00041	0,00020	1,56	0,00029	5 = Smooth trend model	Totale werkgelegenheid

Tabel 4.3: Model vergelijking werkgelegenheid in de milieusector

Op basis van tabel 4.3 verdient voor de werkgelegenheid model 3 (= Lineaire regressie) met Werkgelegenheid in riolering, afvalbeheer en sanering als hulpreeks de voorkeur. Zowel omdat dit model de kleinste RMSE heeft, gebruik maakt van een hulpreeks en een vrij kleine ME heeft.

De nowcasts voor de werkgelegenheid in de milieusector als percentage van de totale werkgelegenheid in 2017 en 2018 zijn respectievelijk 1.88% en 1.89%, met de 95% betrouwbaarheidsintervallen van (1.83%; 1.93%) en (1.81%; 1.98%). De grafiek met historische nowcasts en een nowcast voor 2017 en 2018 ziet er als volgt uit:

Werkgelegenheid in de milieusector (als percentage van de totale werkgelegenheid)



Figuur 4.4: Nowcast werkgelegenheid in de milieusector

Conclusie

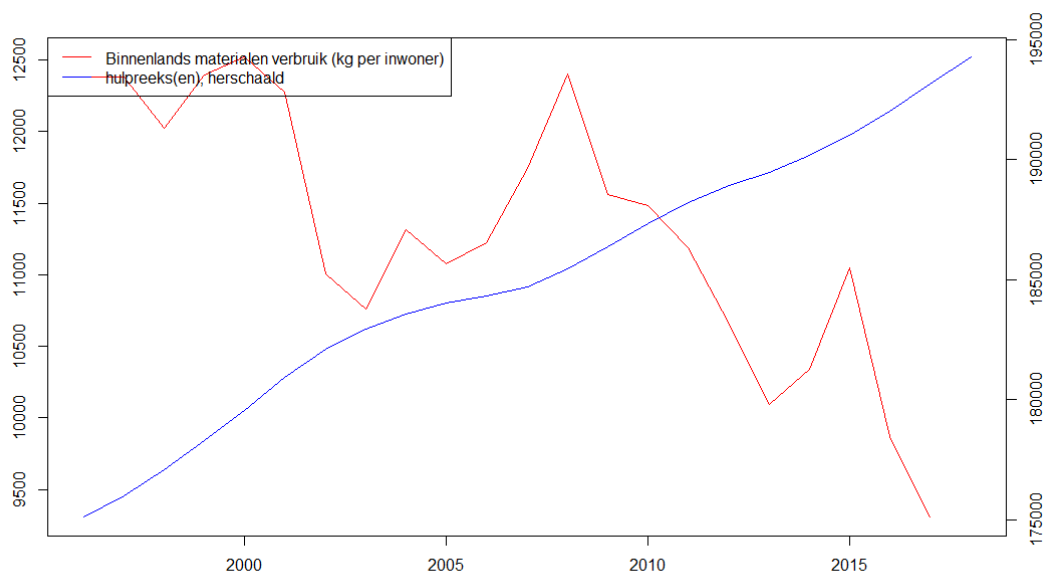
De nowcasts van de reeks werkgelegenheid in de milieusector zien er voldoende goed uit. Alle werkelijke waarden in 2012 tot en met 2016 lagen in de betrouwbaarheidsintervallen van de nowcasts over die periode. Daarbij maakt de nowcast gebruik van een inhoudelijk sterke hulpreeks. De conclusie is dus dat de reeks werkgelegenheid in de milieusector als percentage van de totale werkgelegenheid wel genowcast kan worden, ook de inhoudelijk expert kan zich hier in vinden.

4.4 ENR7: Binnenlands materialenverbruik

De doelreeks en de hulpreeks zijn beschikbaar van 1996 tot en met 2017 en er is één hulpreeks beschikbaar, namelijk:

- Omvang van de Nederlandse bevolking (in mln).

De waarde van deze ene hulpreeks is echter betrekkelijk, omdat de doelreeks wordt afgemeten naar 'kg per inwoner'. Wel kan deze hulpreeks gebruikt worden om de reeks te aggregeren naar het totale verbruik in Nederland, waarna de hulpreeks eventueel wel van waarde kan zijn in de nowcast zelf. Hieronder zien we de doelreeks en hulpreeks in een grafiek.



Figuur 4.5: De doelreeks binnenlandse materiaalverbruik en de hulpreeks

Nowcasts

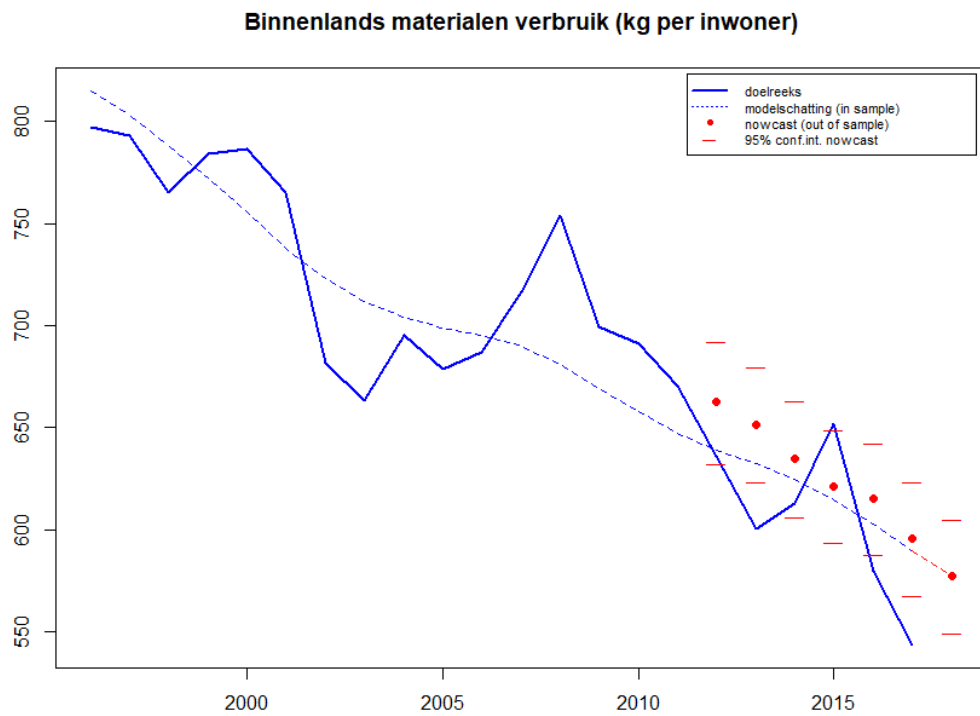
Alle modellen voorspellen zes keer één periode vooruit, d.w.z. 2012 tot en met 2017. Omdat er één hulpreeks beschikbaar is, zijn er 14 verschillende modellen geschat. Op basis hiervan zijn de evaluatiecriteria berekend. De tabel met de resultaten van de beste 10 modellen ziet er dan als volgt uit:

RMSE	ME	MAPE	MAE	Model	Hulpreeksen
565,0	198,0	5,3	543,9	1 = Deterministic level model	Aantal inwoners NL
581,7	214,7	5,5	560,6	5 = Smooth trend model	geen
593,4	394,2	4,9	488,8	2 = Local level model	geen
595,3	469,9	5,7	581,4	6 = Local linear trend model	Aantal inwoners NL
636,5	440,0	5,8	589,7	4 = Local level with deterministic slope	geen
669,3	268,9	6,0	614,8	3 = Lineaire regressie	Aantal inwoners NL
669,3	268,9	6,0	614,8	0 = Naive	geen
754,4	470,0	6,8	675,5	4 = Local level with deterministic slope	Aantal inwoners NL
775,3	574,2	7,2	723,9	6 = Local linear trend model	geen
778,7	479,0	7,3	730,9	3 = Lineaire regressie	geen
817,6	417,8	7,6	763,7	2 = Local level model	Aantal inwoners NL
820,8	663,6	7,7	775,0	5 = Smooth trend model	Aantal inwoners NL
951,9	625,4	8,8	877,3	1 = Deterministic level model	geen
992,2	866,6	8,8	869,3	7 = ARIMA	geen

Tabel 4.4: Model vergelijking binnenlands materialenverbruik

Op basis van tabel 4.4 verdient model 1 (= Deterministic level model) met aantal inwoners NL als hulpreeks de voorkeur, hoewel de ME nog altijd behoorlijk afwijkt van nul. Dit geeft aan dat de nowcasts structureel hoger zijn dan de werkelijke waarden. Deze afwijking geldt echter ook voor de andere modellen, dus er is geen reden om toch een ander model te kiezen.

De nowcast voor de doelreeks in 2018 is dan 577.1 kg per inwoner met een 95% betrouwbaarheidsinterval van (549.2 ; 605.1). De grafiek met historische nowcasts en een nowcast voor 2018 ziet er als volgt uit:



Figuur 4.5: Nowcast binnenlands materialenverbruik

Conclusie

Het nowcast resultaat van deze reeks is zo op het oog niet overtuigend. Twee keer ligt de werkelijke waarde duidelijk buiten het betrouwbaarheidsinterval en één keer op het randje. Ook is de ME vrij groot voor alle geteste modellen en is er geen inhoudelijk overtuigende hulpreeks beschikbaar. Daarbij is het nowcasten van een reeks op basis van één inhoudelijk weinig overtuigende hulpreeks ook onwenselijk. Ons advies is daarom om deze reeks op dit moment niet te nowcasten.

5. Resultaten reeksen SLO

In dit hoofdstuk bespreken we de versnelling van de SLO-reeksen. De eerste vier reeksen, SLO1-SLO4, hebben betrekking op de mineralenbalans. De reeksen SLO5 en SLO6 betreffen het gemeentelijk afval respectievelijk de CO₂-uitstoot van binnenlands verkeer en vervoer.

5.1 De mineralenbalans

Indicatoren en hulpvariabelen

Bij de mineralenbalans gaat het om de volgende indicatoren:

- SLO1: Stikstofoverschot
- SLO2: Fosforoverschot
- SLO3: Benutting stikstof
- SLO4: Benutting fosfor

Voor het nowcasten van de indicatoren SLO1 tot en met SLO4 zijn een groot aantal regressoren getest op de correlatie met de indicatoren. Er zijn daarbij drie bronnen gebruikt:

- De Mineralenbalans (Zie <http://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/83475NED/table?dl=22C29>)
- Variabelen met betrekking tot de veestapel
- Variabelen met betrekking tot weersomstandigheden, gebaseerd op gegevens van het KNMI.

Door het berekenen van correlaties kon per indicator een eerste selectie gemaakt worden. Omwille van de rekentijd is in een volgende stap het aantal hulpvariabelen per regressor beperkt tot maximaal vijf. Dat levert in de praktijk ongeveer 400 verschillende mogelijkheden op voor de combinatie van type model, en keuze van hulpvariabelen. In de gepresenteerde resultaten worden steeds de tien best scorende modellen getoond.

Nowcasts

Voor de vier doelvariabelen zijn afzonderlijke modellen doorgerekend. De scores op de diverse kwaliteitscriteria worden hieronder per indicator weergegeven. In de tabellen worden alleen de top 10 van de modellen getoond. In bijlage 2 wordt de top 30 weergegeven van alle 450 modellen die zijn doorgerekend voor het stikstofoverschot.

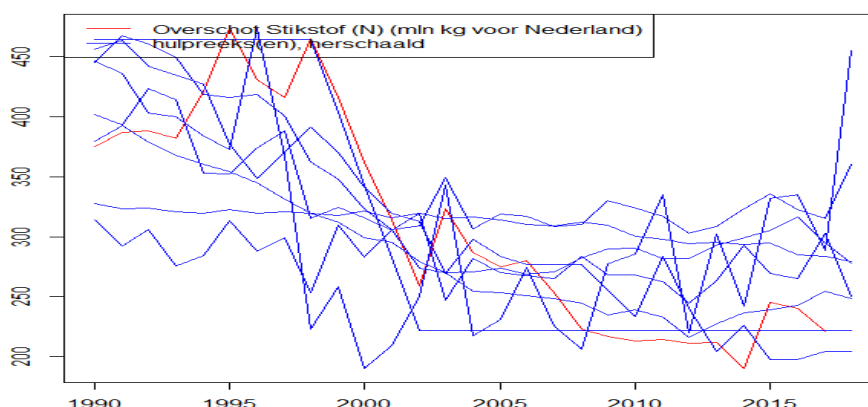
5.2 SLO1: Stikstofoverschot

De verzameling hulpvariabelen die getest zijn voor het modelleren van het stikstofoverschot kon beperkt worden tot:

- Luchtdepositie
- Hoeveelheid dierlijke mest (mln kg)
- Stikstofvervluchtiging (mln kg)
- Hoeveelheid kunstmest (mln kg)
- Dagen zonder neerslag
- Afzet Plant
- Rundvee aantal (mln)
- Dummy-variabele voor specifieke perioden

In Bijlage 1 wordt een toelichting gegeven op de betekenis van variabelen. Over kunstmest is onvoldoende bekend over het verslagjaar waarover de nowcast wordt gemaakt, waardoor deze toch is afgevallen.

In figuur 5.1 worden de hulpvariabelen (geschaald) weergegeven in combinatie met de indicator SLO1. Het stikstofoverschot (SLO1) is sinds 1990 fors gedaald, zoals is te zien in de figuur.



Figuur 5.1 Doelreeks overschot stikstof en hulpreeksen

Het fosforoverschot (SLO2) is eveneens sterk gedaald, zoals verderop te zien is in figuur 5.3. Aangezien 2018 een erg droog jaar was, levert dat een extreme waarde op voor de regressor “Dagen zonder neerslag” (extreme piek van een blauwe lijn voor 2018).

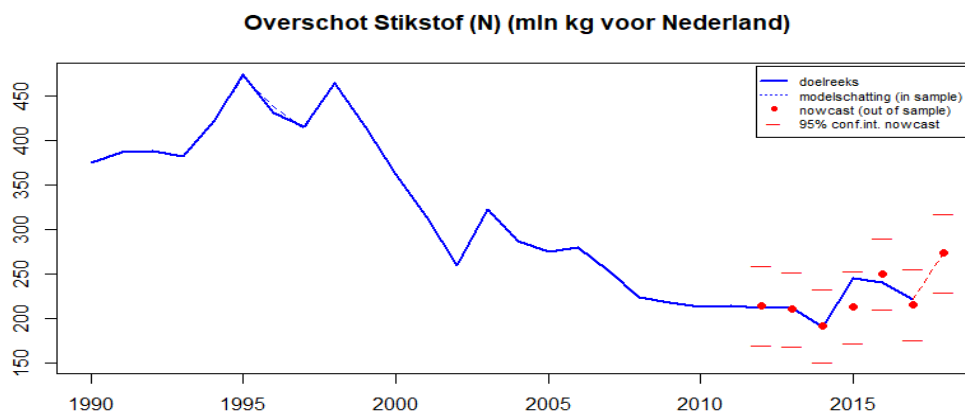
De 10 beste presenterende modellen (in termen van RMSE) zijn in onderstaande tabel weergegeven.

RMSE	ME	MAPE	MAE	model	hulpvariabelen
13,5	6,2	5,6	12,3	7 = ARIMA	AfzetPlant + Dierlijke_Mest
13,9	-4,0	3,8	8,9	4 = Local level with deterministic slope	Dagen_zonder_neerslag + Dummy + AfzetPlant
13,9	-3,8	4,5	10,4	2 = Local level model	AfzetPlant + Dierlijke_Mest
15,0	0,3	6,1	13,6	5 = Smooth trend model	Dagen_zonder_neerslag + AfzetPlant + Dierlijke_Mest + Rundvee_aantal
15,0	0,3	6,1	13,6	6 = Local linear trend model	Dagen_zonder_neerslag + AfzetPlant + Dierlijke_Mest + Rundvee_aantal
15,1	-5,3	4,9	11,2	2 = Local level model	AfzetPlant + Depositie + Dierlijke_Mest
15,3	-0,7	5,4	12,2	4 = Local level with deterministic slope	Dummy + AfzetPlant + Dierlijke_Mest + Rundvee_aantal
15,3	-4,7	4,7	10,9	2 = Local level model	AfzetPlant + Dierlijke_Mest + Rundvee_aantal
15,4	-0,7	5,4	12,2	4 = Local level with deterministic slope	Dummy + AfzetPlant + Depositie + Dierlijke_Mest + Rundvee_aantal
15,7	-4,4	5,2	11,9	2 = Local level model	Dummy + AfzetPlant + Dierlijke_Mest + Rundvee_aantal

Tabel 5.1 Modelvergelijking 10 beste modellen Stikstofoverschot

Behalve inhoudelijk gefundeerde variabelen is er ook een dummy opgenomen als representant voor een potentieel beleidseffect rond het jaar 2000. Daar is immers een aanhoudende daling in de doelreeks (rode lijn in de figuur) te zien. De dummy-variabele vertoont gedurende 1998-2002 een lineaire daling, waarmee deze geleidelijke daling gemodelleerd wordt. Modellen met deze dummy leveren goede nowcasts op, maar het beste model is desalniettemin een model zonder deze dummy. Het beste model is een ARIMA-model met Afzetplan en Dierlijke mest als hulpvariabelen.

Mogelijk zijn de waarden voor deze twee variabelen ook door het beleid beïnvloed. De uitkomsten voor de nowcasts lopen niet veel uiteen bij de best scorende modellen. De uitkomst van het beste model is tevens vrijwel gelijk aan het gemiddelde van de vier beste modellen. In figuur 5.2 zijn de historische nowcasts van dit best presterende model weergegeven.



Figuur 5.2 Nowcast Stikstofoverschot

Conclusie

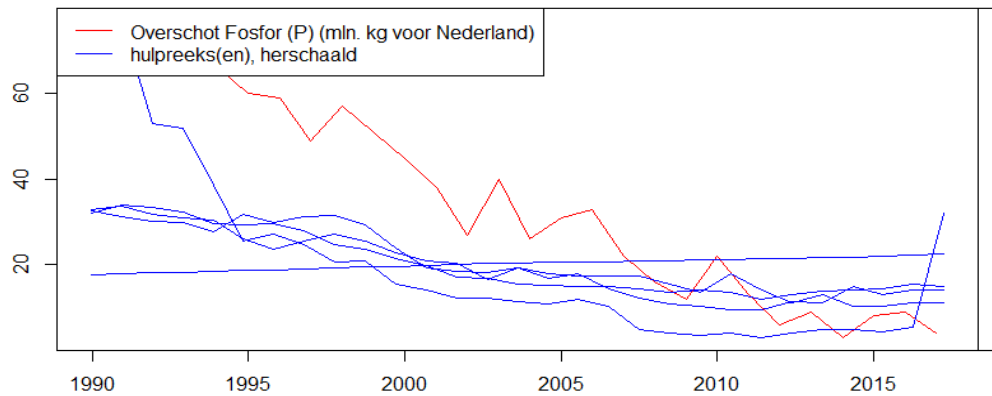
Alle waarnemingen liggen in het betrouwbaarheidsinterval van de nowcasts in de crossvalidatieperiode. Ook is de nowcast niet gevoelig voor veranderingen in het model. Het nowcastmodel beoordelen we dus als betrouwbaar, en we adviseren deze indicatoren wel te nowcasten voor de 2020 Monitor.

5.3 SLO2: Fosforoverschot

De verzameling hulpvariabelen die getest is voor het modelleren van het stikstofoverschot kon beperkt worden tot:

- Luchtdepositie
- Hoeveelheid dierlijke mest (mln kg)
- Stikstofvervluchtiging (mln kg)
- Hoeveelheid kunstmest (mln kg)
- Dagen zonder neerslag
- Afzet Plant
- Rundvee aantal (mln)

Deze zijn (herschaald) weergegeven in Figuur 5.3, samen met de doelreeks.



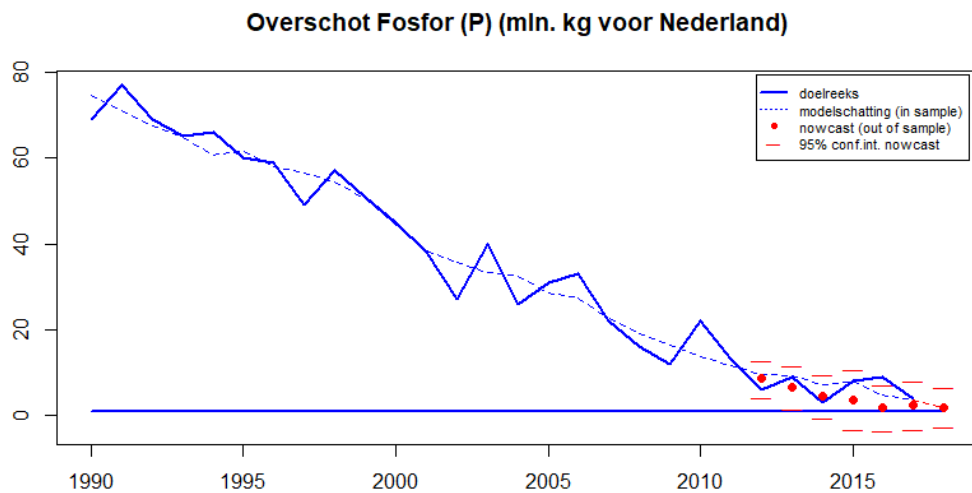
Figuur 5.3 Doelreeks overschot fosfor en hulpreeksen

Het fosforoverschot wordt met name door klimatologische variabelen goed genowcast.

Voor SLO2: Fosforoverschot (P) zijn de volgende resultaten bereikt voor de top 10 beste modellen:

RMSE	ME	MAPE	MAE	model	hulpvariabelen
3,1	0,8	60,1	2,9	2 = Local level model	Dagen_zonder_neerslag + Luchtdepositie
3,3	2,0	58,2	2,7	2 = Local level model	Dagen_zonder_neerslag
3,3	0,0	58,7	3,1	2 = Local level model	Cultuurgrond + Dagen_zonder_neerslag + Luchtdepositie
3,7	2,5	62,2	2,6	2 = Local level model	Dagen_zonder_neerslag + Luchtdepositie + Rundvee_miljoen_aantal
3,9	-0,4	56,5	3,2	3 = Lineaire regressie	Luchtdepositie + Dierlijke_Mest
3,9	-0,4	56,5	3,2	6 = Local linear trend model	Luchtdepositie + Dierlijke_Mest
3,9	-0,4	56,5	3,2	4 = Local level with deterministic slope	Luchtdepositie + Dierlijke_Mest
3,9	-0,4	56,5	3,2	5 = Smooth trend model	Luchtdepositie + Dierlijke_Mest
3,9	-0,3	56,4	3,2	5 = Smooth trend model	Luchtdepositie + Dierlijke_Mest + Rundvee_aantal
3,9	-0,3	56,4	3,2	6 = Local linear trend model	Luchtdepositie + Dierlijke_Mest + Rundvee_aantal

Tabel 5.2 Modelvergelijking 10 beste modellen Fosforoverschot



Figuur 5.4 Nowcast fosforoverschot

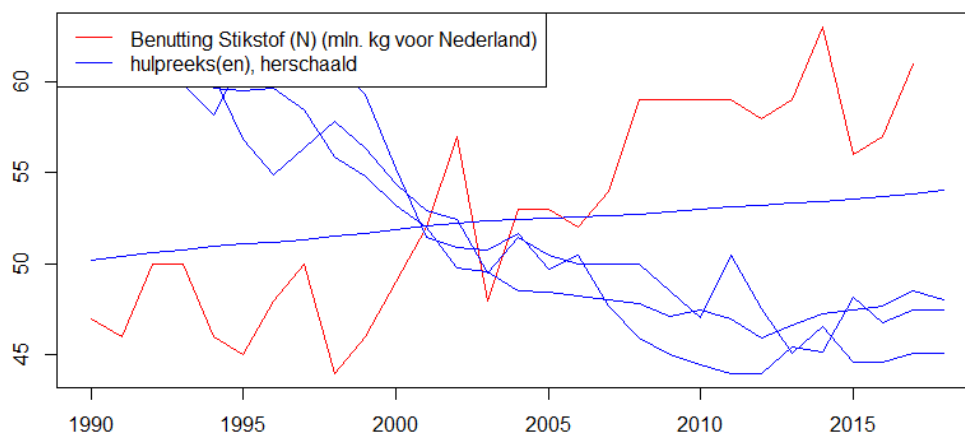
In het bovenstaande figuur zijn de historische nowcasts van het beste model weergegeven. De horizontale blauwe lijn stelt de waarde Overschot Fosfor=0 voor (de x-as, y=0). De variabele Overschot Fosfor zou ook kleiner dan nul kunnen zijn. Hoewel het betrouwbaarheidsinterval van één nowcast niet de waarneming zelf omvat, is dit niet bezwaarlijk. De MAPE is hoog, maar dat wordt veroorzaakt doordat de variabele dicht bij nul ligt. De ME is zeer acceptabel.

Conclusie

Hoewel de MAPE groot is, is de nowcast betrouwbaar. Het gaat om een klein getal, in dergelijke gevallen is de MAPE geen goede metriek om te evalueren. De waarden van de doelreeks liggen bijna altijd binnen de marges van de historische nowcasts, en volgen een plausibel patroon. We adviseren deze indicatoren dus wel te nowcasten.

5.4 SLO3: Benutting stikstof

De benutting stikstof (SLO3) is sterk toegenomen sinds 1990, zij het met lokale pieken en dalen.



Figuur 5.5 Doelreeks benutting stikstof en hulpreeksen

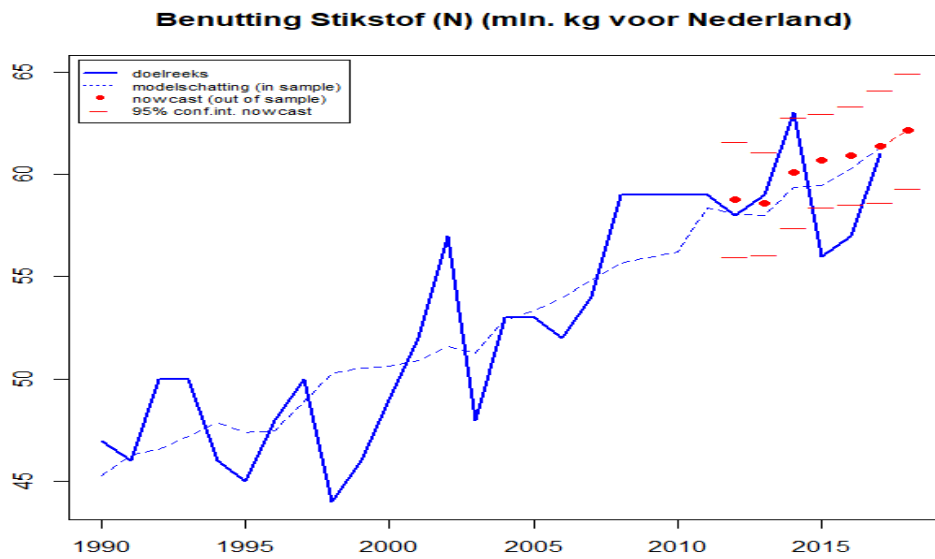
RMSE	ME	MAPE	MAE	model	hulpvariabelen
2,8	1,1	3,8	2,2	3 = Lineaire regressie	Luchtdepositie
2,8	0,7	3,6	2,1	3 = Lineaire regressie	geen
3,0	-0,2	4,3	2,5	2 = Local level model	Dagen_zonder_neerslag
3,1	1,1	4,5	2,6	4 = Local level with deterministic slope	Luchtdepositie
3,1	0,2	4,5	2,6	2 = Local level model	Dagen_zonder_neerslag + Luchtdepositie
3,1	-0,8	4,5	2,7	1 = Deterministic level model	Luchtdepositie
3,1	-0,8	4,5	2,7	7 = ARIMA	Luchtdepositie
3,1	-0,2	4,4	2,6	2 = Local level model	geen
3,1	-0,2	4,4	2,6	2 = Local level model	Dagen_zonder_neerslag + Stikstofvervluchting
3,2	1,0	4,6	2,7	4 = Local level with determinis	geen

Tabel 5.3 Modelvergelijking 10 beste modellen Benutting stikstof

De nowcast geeft een trendmatig verloop, zie figuur 5.7. De schommelingen worden niet goed genowcast, maar de stijgende trend is volkomen plausibel.

Conclusie

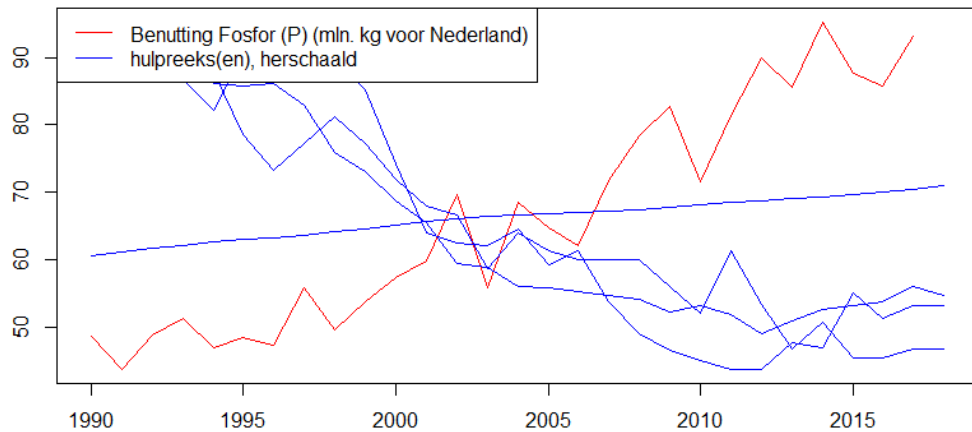
De nowcast is betrouwbaar, alle waarnemingen liggen in het betrouwbaarheidsinterval van de nowcasts in de crossvalidatieperiode.



Figuur 5.6 Nowcast benutting stikstof

5.5 SLO 4: Benutting fosfor

De benutting van fosfor (SLO4) is zeer sterk toegenomen sinds 1990, zoals in figuur 5.4 is te zien.

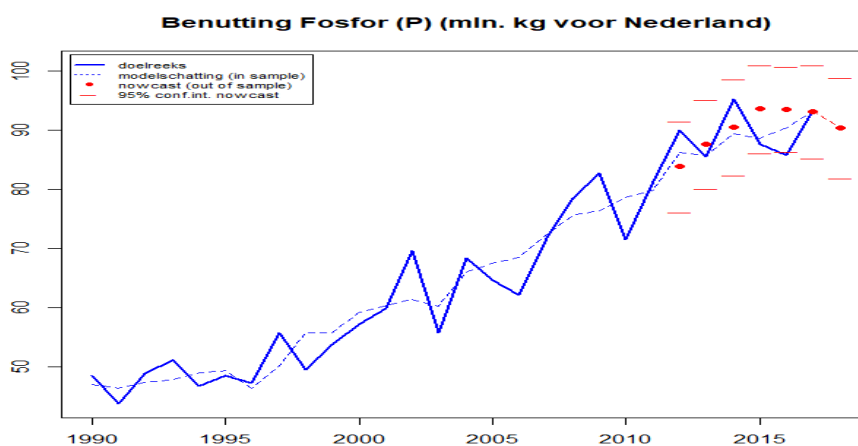


Figuur 5.7 Doelreeks benutting fosfor en hulpreeksen

Voor de benutting fosfor (SLO4) speelt behalve de neerslag ook de omvang van de dierlijke mest een rol bij het beste model voor nowcasting.

RMSE	ME	MAPE	MAE	model	hulpvariabelen
5,2	0,8	5,0	4,5	5 = Smooth trend model	Dagen_zonder_neerslag + Dierlijke_Mest
5,2	0,8	5,0	4,5	6 = Local linear trend model	Dagen_zonder_neerslag + Dierlijke_Mest
5,2	1,1	5,2	4,6	6 = Local linear trend model	Dagen_zonder_neerslag
5,2	1,1	5,2	4,6	5 = Smooth trend model	Dagen_zonder_neerslag
5,3	-1,3	5,0	4,5	4 = Local level with deterministic slope	Dagen_zonder_neerslag
5,4	-3,0	4,8	4,4	2 = Local level model	Dagen_zonder_neerslag + Depositie
5,4	-1,1	5,2	4,7	4 = Local level with deterministic slope	Dagen_zonder_neerslag + Dierlijke_Mest
5,4	0,6	5,2	4,7	6 = Local linear trend model	Dagen_zonder_neerslag + Depositie
5,4	0,6	5,2	4,7	5 = Smooth trend model	Dagen_zonder_neerslag + Depositie
5,5	-3,2	5,0	4,5	2 = Local level model	Dagen_zonder_neerslag

Tabel 5.4 Modelvergelijking 10 beste modellen Benutting fosfor



Figuur 5.8 Nowcast benutting fosfor

Conclusie

De waarden liggen binnen de marges van de historische nowcasts, die bovendien dicht bij de werkelijke waarden liggen. We adviseren deze reeks dus wel te nowcasten.

5.6 Betrouwbaarheidsintervallen voor de nowcasts SLO1-SLO4

Op basis van de geselecteerde modellen zijn de volgende nowcasts en betrouwbaarheidsintervallen berekend voor 2018.

Code	Naam indicator	Nowcast	Linkergrens	Rechtergrens
SLO1	Stikstofoverschot	271,1	214	328,3
SLO2	Fosforoverschot	5,1	-5,1	15,4
SLO3	Stikstofbenutting	62,1	59,4	64,9
SLO4	Fosforbenutting	90,4	81,9	98,9

Tabel 5.5 Nowcast en linker- en rechtergrens van het 95%-betrouwbaarheidsinterval

Conclusie

Alle vier de indicatoren kunnen goed genowcast worden met verschillende betekenisvolle hulpvariabelen.

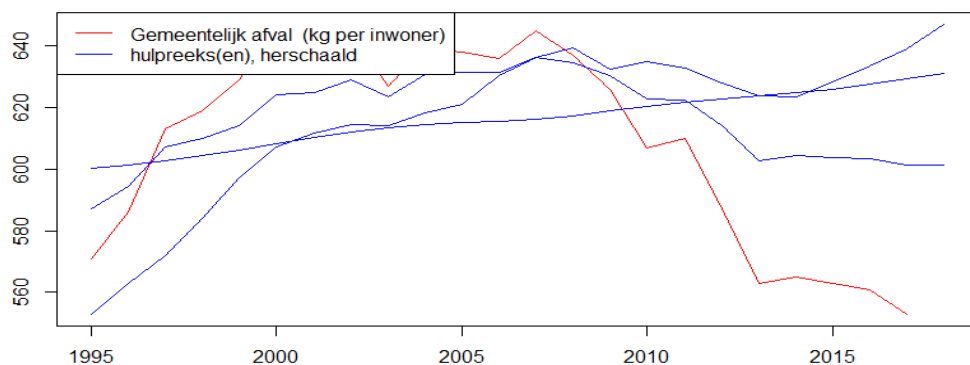
5.7 SLO5: Gemeentelijk afval

Voor de doelvariabele gemeentelijk afval is een tijdreeks van 1995-2017 beschikbaar. De volgende hulpreeksen zijn onderzocht en gebruikt:

- Index van de consumptie
- Aantal inwoners NL

In verband met de hulpvariabele "Aantal inwoners NL" is de indicator berekend voor alle inwoners van Nederland, en na de nowcasting is het resultaat teruggerekend naar de hoeveelheid afval per inwoner. Zoals te verwachten viel, is het effect van deze variabele van beperkt belang.

De hoeveelheid afval is doorgaans afhankelijk van de hoeveelheid consumptie (index consumptie). Daarnaast is de hoeveelheid afval afhankelijk van beleid. Het beleid van de Rijksoverheid is om de hoeveelheid restafval dat wordt verbrand of gestort te verminderen tot 100 kg/inw. Gemeenten passen hiervoor hun beleid voor de afvalinzameling op aan. Denk daarbij aan het invoeren van tarieven ("Diftar") of van omgekeerd inzamelen. Ook bezuinigingen op het onderhoud van de openbare ruimte leidt tot minder afval. Dit heeft allemaal een flinke invloed op de afvalproductie maar is niet te bevatten in een variabele.



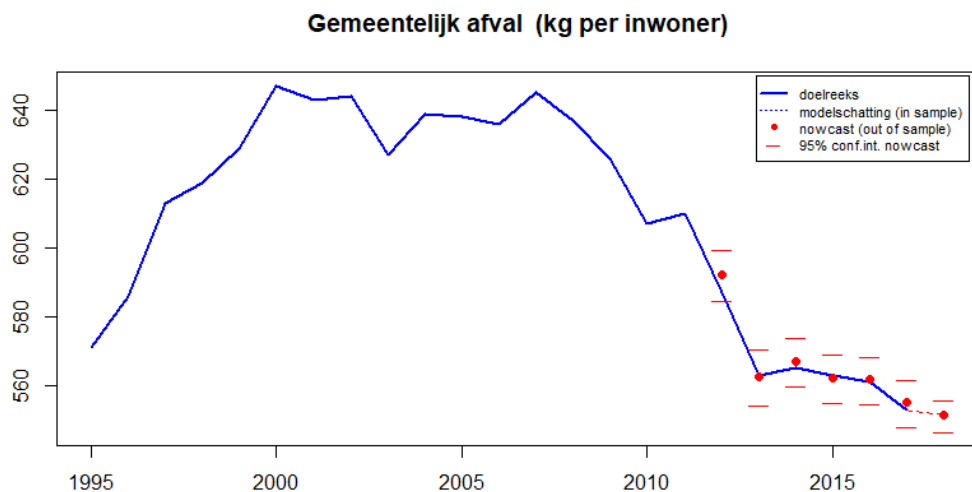
Figuur 5.9 Doelreeks gemeentelijk afval en hulpreeksen

De resultaten van de 10 beste modellen worden hieronder in de tabel weergegeven.

RMSE	ME	MAPE	MAE	model	hulpvariabelen
6,3	2,5	0,9	4,8	5 = Smooth trend model	Index.Consumptie
6,7	2,7	0,9	5,0	6 = Local linear trend model	Index.Consumptie
6,7	2,7	0,9	5,0	3 = Lineaire regressie	Index.Consumptie
6,7	2,7	0,9	5,0	4 = Local level with deterministic slope	Index.Consumptie
6,8	4,4	1,0	5,7	1 = Deterministic level model	Aantal_inwoners_NL + Index.Consumptie
6,8	4,4	1,0	5,7	7 = ARIMA	Aantal_inwoners_NL + Index.Consumptie
7,3	3,4	0,9	5,1	7 = ARIMA	geen
7,4	4,0	1,0	5,8	6 = Local linear trend model	Aantal_inwoners_NL + Index.Consumptie
7,4	4,0	1,0	5,8	5 = Smooth trend model	Aantal_inwoners_NL + Index.Consumptie
7,4	4,0	1,0	5,8	3 = Lineaire regressie	Aantal_inwoners_NL + Index.Consumptie

Tabel 5.6 Modelvergelijking 10 beste modellen Gemeentelijk afval

De waarde van de nowcast voor 2018 is gelijk aan 560,4 , met een linker kritieke grens van 549,2 en een rechterkritieke grens van 571,5 (95% betrouwbaarheidsinterval).



Figuur 5.10 Nowcast gemeentelijk afval

Conclusie

Hoewel er slechts één goede hulpvariabele is, is er met deze hulp wel een goede nowcast te maken. De nowcast benadert de feitelijke waarde heel goed in de periode waarover een crossvalidatie is gedaan. We adviseren deze reeks dus wel te nowcasten.

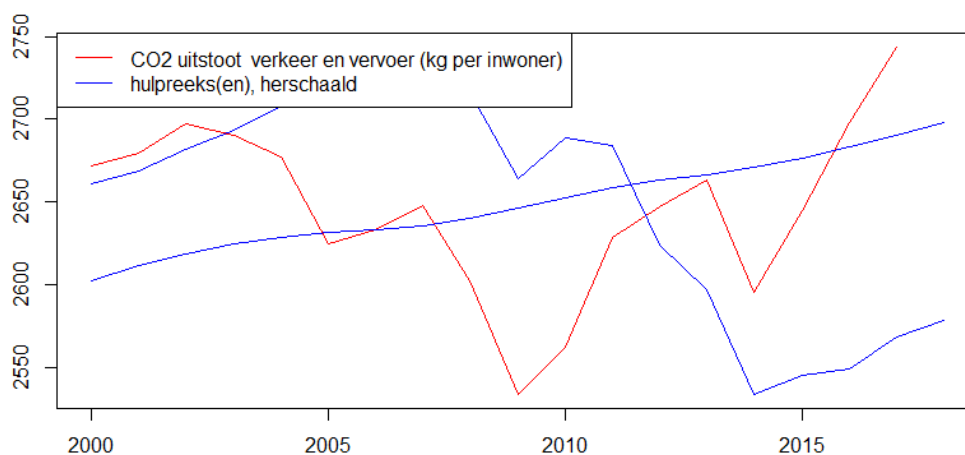
5.8 SLO6: CO₂-uitstoot binnenlands verkeer en vervoer

Voor de doelvariabele CO₂-uitstoot binnenlands verkeer en vervoer is een tijdreeks van 2000-2017 beschikbaar.

De volgende hulpreeksen zijn onderzocht:

- Emissies van broeikasgas
- Aantal inwoners NL
- aantal auto's
- aantal bedrijfswagens in Nederland

Deze reeksen worden in onderstaande grafiek (geschaald) weergegeven.



Figuur 5.11 Doelreeks CO₂-uitstoot verkeer en vervoer

Nowcasts

RMSE	ME	MAPE	MAE	model	hulpvariabelen
37,3	6,7	1,2	31,7	6 = Local linear trend model	EmissiesBroeikasgas
40,9	-9,5	1,0	26,6	6 = Local linear trend model	Bedrijfsmotorvoertuigen + EmissiesBroeikasgas + Personenauto.s
41,7	9,0	1,4	36,2	2 = Local level model	Bedrijfsmotorvoertuigen + Personenauto.s
42,2	-12,8	1,1	29,9	5 = Smooth trend model	Bedrijfsmotorvoertuigen + EmissiesBroeikasgas + Personenauto.s
47,3	-8,1	1,5	39,6	6 = Local linear trend model	Bedrijfsmotorvoertuigen + EmissiesBroeikasgas
48,2	-27,9	1,7	45,5	4 = Local level with deterministic	Aantal inwoners NL+ Personenauto.s
48,2	-27,9	1,7	45,5	3 = Lineaire regressie	Aantal inwoners NL+ Personenauto.s
50,9	4,3	1,6	41,5	5 = Smooth trend model	Bedrijfsmotorvoertuigen + EmissiesBroeikasgas + Gq + Personenauto.s
51,5	-11,5	1,5	40,1	7 = ARIMA	Aantal inwoners NL+ Personenauto.s
52,9	-30,6	1,9	50,1	0 = Naive	geen

Tabel 5.7 Modelvergelijking 10 beste modellen CO₂-uitstoot binnenlands verkeer en vervoer

De waarde van de nowcast voor 2018 is gelijk aan 2780,3, met een linker kritieke grens van 2703 en een rechterkritieke grens van 2858 (95%-betrouwbaarheidsinterval).

CO2 uitstoot verkeer en vervoer (kg per inwoner)



Figuur 5.12 Nowcast CO₂-uitstoot verkeer en vervoer

De waarnemingen voor de periode 2011-2017 vallen binnen het betrouwbaarheidsinterval van de nowcasts en de hulpvariabelen zijn inhoudelijk plausibel. Modellen met andere hulpvariabelen geven ongeveer dezelfde resultaten. In de figuur is duidelijk te zien dat er sprake is van een sterk stijgende trend voor de indicator SLO6 CO₂-uitstoot van verkeer en vervoer.

Conclusie

Er is een redelijk betrouwbare nowcast. Eventueel bezwaarlijk is dat de stijging van de indicator met name de laatste jaren sterk is geweest, terwijl dit patroon niet in de jaren ervoor aanwezig was. Aangezien de hulpvariabelen betekenisvol zijn en de nowcasts van alternatieve modellen niet veel afwijken, is de nowcast uiteindelijk betrouwbaar te noemen. Ook de inhoudelijk expert vindt de nowcasts plausibel.

6. Samenvatting en conclusies

Dit rapport behandelt de ‘versnelling’ van een 16-tal indicatoren uit de Monitor Brede Welvaart. Veel indicatoren in de Monitor rapporteren namelijk niet over het voorgaande jaar, maar over eerdere jaren. We hebben daarom onderzocht of het mogelijk is om in de 2020-editie van de Monitor een actueler cijfer voor deze indicatoren te publiceren. In dit rapport richten we ons op een selectie van indicatoren, waar nog niet eerder een versnelling voor bereikt is. Het gaat om indicatoren uit het deelthema ‘milieu, duurzaamheid en landbouw’. De resultaten voor andere deelthema’s komen in vervolgonderzoek aan de orde. Binnen het thema is eerst gekeken naar alle indicatoren die in de meest recente Monitor minder actueel waren dan T-1 (het voorgaande jaar). Dit waren er 28. Na een vooronderzoek door de inhoudelijke experts naar beschikbaarheid van (historische) data en steunindicatoren, is hieruit een deelverzameling gekomen van 16 indicatoren die potentieel versneld kon worden.

Voor sommige van de onderzochte indicatoren is het mogelijk een versnelling te bereiken door bijvoorbeeld de interne verwerkingsprocessen te versnellen of op basis van gedeeltelijke gegevens alvast een voorlopige schatting te maken, dan wel kunnen deze indicatoren door een ander instituut worden versneld. Na onderzoek door de inhoudelijke experts is gebleken dat dit voor de volgende indicatoren mogelijk is:

Code in rapport	Naam indicator	Versneld door	Tijdigheid Monitor 2019
ENR1	Cumulatieve CO ₂ -emissies	Expert	T-2 (2017)
ENR2	Werkgelegenheid duurzame energiesector	PBL	T-3 (2016)
ENR3	Investerings hernieuwbare energie en besparingen	PBL	T-2 (2017)
ENR4	Totale milieu-uitgaven	Expert	T-3 (2016)
ENR8	Overheidsuitgaven aan klimaatmitigatie	Expert	T-2 (2017)
ENR9	CO ₂ -uitstoot nationale luchtvaartmaatschappijen	Expert	T-2 (2017)
ENR10	Fossiele energiereserves	Expert	T-2 (2017)

Voor de overige indicatoren is onderzocht of deze versneld kunnen worden middels *nowcasting*-methoden. Dit zijn modelmatige technieken waarbij met toepassing van tijdreeksmodellen een zo recent mogelijk cijfer van de indicatoren geschat wordt. Een nowcastingmodel extrapoleert de historische reeks van de indicator en gebruikt daarbij ook hulpinformatie uit andere bronnen. We gaan er daarbij vanuit dat deze hulpinformatie, in tegenstelling tot de indicator zelf, niet alleen voor de historische perioden beschikbaar is, maar ook al voor de verslagperiode. De inhoudelijke experts hebben per indicator hulpbronnen aangedragen die mogelijk een verklarende waarde hebben voor de te nowcasten indicator. In de modelselectie is daarna onderzocht of dit inderdaad het geval was.

Per indicator is een model ontwikkeld, waarbij gekozen is uit alle combinaties van onderzochte modellen en mogelijke hulpvariabelen. Vooraf zijn criteria opgesteld om te beslissen welk model het beste is, en of op basis hiervan gepubliceerd kan worden. Belangrijk onderdeel van deze criteria was een historische analyse waarbij voor recente jaren een nowcast is vergeleken met een (inmiddels beschikbare) gerealiseerde waarde. De modellen die als beste uit de bus kwamen waren voor alle indicatoren de structurele tijdreeksmodellen waarbij gebruik wordt gemaakt van één of enkele hulpvariabelen. Deze modellen leveren naast de nowcast zelf ook een onzekerheidsmarge van deze nowcast.

De volgende indicatoren kunnen via een modelmatige schatting o.b.v. nowcastmodellen versneld worden:

Code in rapport	Naam indicator	Tijdigheid Monitor 2019
ENR5	Toegevoegde waarde milieusector	T-3 (2016)
ENR6	Werkgelegenheid milieusector	T-3 (2016)
SLO1	Stikstofoverschot	T-2 (2017)
SLO2	Fosforoverschot	T-2 (2017)
SLO3	Benutting stikstof	T-2 (2017)
SLO4	Benutting fosfor	T-2 (2017)
SLO5	Gemeentelijk afval	T-2 (2017)
SLO6	CO ₂ -uitstoot binnenlands verkeer en vervoer	T-2 (2017)

Voor de volgende indicator heeft een modelmatige schatting onvoldoende kwaliteit opgeleverd, mede omdat er geen goede hulpinformatie beschikbaar, en we adviseren deze dus niet met nowcastmodellen te versnellen.

Code in rapport	Naam indicator	Tijdigheid Monitor 2019
ENR7	Binnenlands materialenverbruik	T-2 (2017)

Door dit onderzoek zal een deel van de niet tijdige indicatoren worden geactualiseerd en in de derde editie van de Monitor (2020) kunnen worden opgenomen. In de Monitor zal expliciet de status van een indicator worden vermeld indien het een op basis van nowcasting versnelde indicator betreft.

Referenties

Box, G. en G. Jenkins (1970), *Time Series Analysis: Forecasting and Control*, San Francisco: Holden-Day.

Buelens, B., P. de Wolf, K. Zeelenberg (2013), Modelmatig schatten bij het CBS, intern rapport DMS-PIM-2013-11-21-BBUS-PWOF-KZLG.

CBS (2018), *Monitor Brede Welvaart 2018*, Centraal Bureau voor de Statistiek, Den Haag/Heerlen/Bonaire.

CBS (2019), *Monitor Brede Welvaart & Sustainable Development Goals 2019*, Centraal Bureau voor de Statistiek, Den Haag/Heerlen/Bonaire.

Durbin, J. en S. J. Koopman (2012), *Time series analysis by state space methods*, Oxford University Press.

Harvey (1989), *Forecasting, structural time series models and the Kalman filter*, Cambridge University Press.

Helske, J. (2017), *KFAS: Exponential Family State Space Models in R*. Journal of Statistical Software, 78(10), 1-39, doi:10.18637/jss.v078.i10

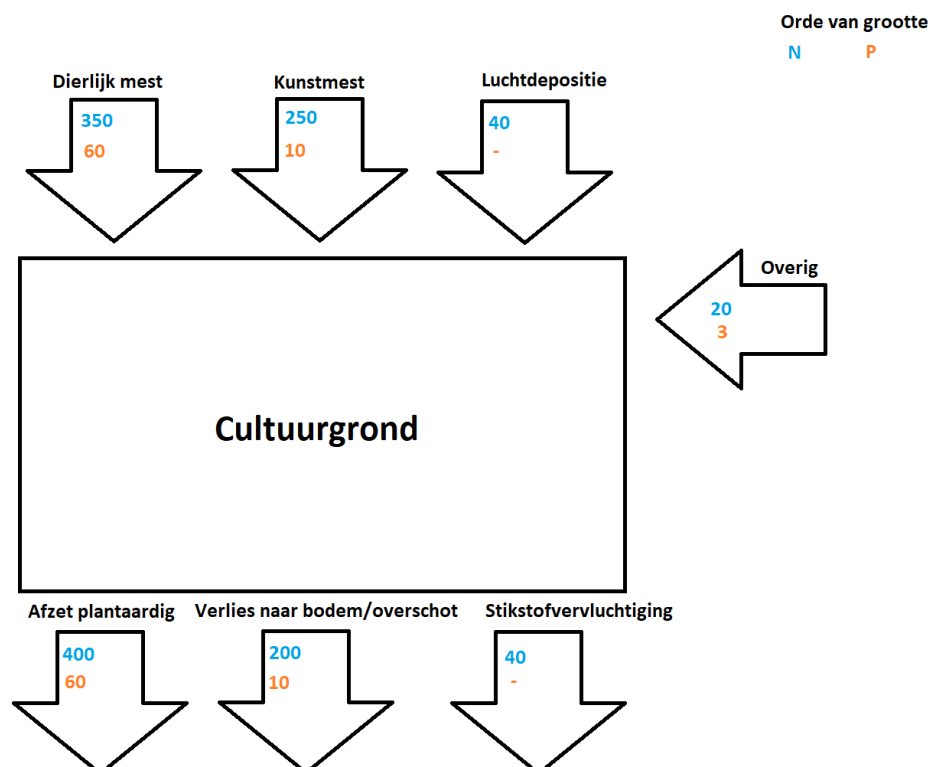
Hyndman R, Athanasopoulos G, Bergmeir C, Caceres G, Chhay L, O'Hara-Wild M, Petropoulos F, Razbash S, Wang E, Yasmeeen F (2019). forecast: Forecasting functions for time series and linear models. R package version 8.9.

R Core Team (2018). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

Schoots, K. & P. Hammingh (2019), *Klimaat- en Energieverkenning 2019*, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.

Bijlage 1 Achtergronden Mineralenbalans

De vier indicatoren SLO1 t/m SLO4 zijn afkomstig uit de mineralenbalans landbouw. Hierin staan gegevens over de bodembalans van de mineralen stikstof (N) en fosfor (P). Het gaat om cijfers over de aanvoer naar landbouwgrond (dierlijke mest, kunstmest, luchtdepositie en overige aanvoer) en de afvoer van landbouwgrond (stikstofvervluchtiging en afvoer via gewassen). Het verlies naar de bodem is een restante die gelijk is aan het verschil tussen aanvoer en afvoer. De aanvoer en het verlies naar lucht (depositie en vervluchtiging) geldt alleen voor stikstof. Hieronder is dit schematisch weergegeven.



In formulevorm is dit

Voor stikstof:

$$y_t^D + y_t^K + y_t^L + y_t^{Og} = y_t^A + y_t^{Ot} + y_t^V$$

Voor fosfor:

$$y_t^D + y_t^K + y_t^{Og} = y_t^A + y_t^{Ot}$$

Met

- y_t^D = Dierlijke mest
- y_t^K = Kunstmest
- y_t^L = Luchtdepositie
- y_t^{Og} = Overig
- y_t^A = Afzet plantaardig (gewassen)
- y_t^V = Vervluchtiging
- y_t^{Ot} = Overschot

Aangezien deze relaties elk jaar gelden, hebben alle variabelen een subscript t die de periode aangeeft.

Hieruit kunnen we de doelvariabelen als volgt definiëren. Het overschot is alle aanvoer minus alle afvoer, en de benutting is de bruikbare output (ofwel de afzet plantaardig) gedeeld door alle inputs. In formulevorm is dit:

Stikstofoverschot

$$O_t^N = y_t^{Ot} = y_t^D + y_t^K + y_t^L + y_t^{Og} - y_t^A - y_t^V$$

Fosforoverschot

$$O_t^P = y_t^{Ot} = y_t^D + y_t^K + y_t^{Og} - y_t^A$$

Stikstofbenutting

$$B_t^N = y_t^A / (y_t^D + y_t^K + y_t^L + y_t^{Og})$$

Fosforbenutting

$$B_t^P = y_t^A / (y_t^D + y_t^K + y_t^{Og})$$

Potentiele regressoren SLO1-SLO4

Cultuurgrond – Beteelbare oppervlakte grond.

Dierlijke mest – Met dierlijke mest worden alle meststoffen bedoeld die voldoen aan de definitie van dierlijke mest volgens de Meststoffenwet.

Kunstmest - Onder kunstmest worden doorgaans de middelen van niet-biologische oorsprong verstaan die ter bevordering van de groei van gewassen aan de bodem worden toegevoegd. Er was geen informatie over kunstmest bekend over 2018, waardoor deze hulpvariabele niet beschikbaar was voor de nowcast.

Luchtdepositie – Depositie is het neerslaan van minerale stoffen en gassen op een vaste ondergrond. Depositie kan plaatsvinden in de vorm van droge depositie en natte depositie. Bij natte depositie lost de stof op in druppeltjes in de lucht en komt vervolgens met regen naar beneden. Natte depositie komt dus alleen voor ten tijde van neerslag. Droge depositie is het proces waarbij stoffen door luchtbewegingen (turbulentie) naar het oppervlak getransporteerd worden en daar opgenomen worden. Dit proces vindt vrijwel continu plaats.

Afzet plantaardige producten – Afzet van stikstof en fosfor in plantaardige producten als gewassen (aardappels, uien, rode bessen, bloemen etc.) vooral voor de consumptie van de mens en ruwvoer (snijmais, gras etc.) voor de veestapel.

Verlies naar bodem – Overige stikstof/fosfor die wordt opgenomen door bodem en grondwater als restpost.

Stikstofvervluchtiging - Vervluchtiging van stikstof is de omzetting naar ammonia), waardoor meststof verloren gaat en het atmosferisch milieu wordt belast.

Rundvee aantal (mln) - Het aantal runderen in miljoenen aantallen

Bijlage 2 Top 30 modelresultaten voor het stikstofoverschot

RMSE	ME	MAPE	MAE	model	hulpvariabelen
13,5	6,2	5,6	12,3	7 = ARIMA	AfzetPlant + Dierlijke_Mest
13,9	-4,0	3,8	8,9	4 = Local level with deterministic slope	Dagen_zonder_neerslag + Dummy + AfzetPlant
13,9	-3,8	4,5	10,4	2 = Local level model	AfzetPlant + Dierlijke_Mest
15,0	0,3	6,1	13,6	5 = Smooth trend model	Dagen_zonder_neerslag + AfzetPlant + Dierlijke_Mest + Rundvee_aantal
15,0	0,3	6,1	13,6	6 = Local linear trend model	Dagen_zonder_neerslag + AfzetPlant + Dierlijke_Mest + Rundvee_aantal
15,1	-5,3	4,9	11,2	2 = Local level model	AfzetPlant + Depositie + Dierlijke_Mest
15,3	-0,7	5,4	12,2	4 = Local level with deterministic slope	Dummy + AfzetPlant + Dierlijke_Mest + Rundvee_aantal
15,3	-4,7	4,7	10,9	2 = Local level model	AfzetPlant + Dierlijke_Mest + Rundvee_aantal
15,4	-0,7	5,4	12,2	4 = Local level with deterministic slope	Dummy + AfzetPlant + Depositie + Dierlijke_Mest + Rundvee_aantal
15,7	-4,4	5,2	11,9	2 = Local level model	Dummy + AfzetPlant + Dierlijke_Mest + Rundvee_aantal
15,9	-3,8	5,5	12,6	2 = Local level model	Dummy + AfzetPlant + Depositie + Dierlijke_Mest + Rundvee_aantal
16,0	-3,2	5,2	12,1	5 = Smooth trend model	AfzetPlant + Dierlijke_Mest
16,2	2,3	5,8	13,0	7 = ARIMA	Dummy + AfzetPlant + Dierlijke_Mest
16,4	-3,6	5,4	12,3	2 = Local level model	Dummy + AfzetPlant + Depositie + Dierlijke_Mest
16,5	-5,9	5,3	12,1	2 = Local level model	Dummy + AfzetPlant + Dierlijke_Mest
16,5	-4,6	5,8	13,2	2 = Local level model	Dagen_zonder_neerslag + Dummy + AfzetPlant + Dierlijke_Mest +
16,5	0,0	6,2	13,9	4 = Local level with deterministic slope	Dagen_zonder_neerslag + Dummy + AfzetPlant + Dierlijke_Mest +
16,6	-4,2	5,4	12,5	5 = Smooth trend model	AfzetPlant + Depositie + Dierlijke_Mest
16,6	-8,4	5,3	12,2	4 = Local level with deterministic slope	AfzetPlant + Dierlijke_Mest
16,6	-6,0	5,5	12,6	2 = Local level model	Dagen_zonder_neerslag + Dummy + AfzetPlant + Dierlijke_Mest
16,7	-7,6	6,2	13,9	5 = Smooth trend model	Dummy + AfzetPlant + Dierlijke_Mest + Rundvee_aantal
16,7	-7,6	6,2	13,9	6 = Local linear trend model	Dummy + AfzetPlant + Dierlijke_Mest + Rundvee_aantal
16,7	-2,5	5,7	13,1	2 = Local level model	Dagen_zonder_neerslag + Dummy + AfzetPlant + Depositie + Rundvee_aantal
16,8	-8,3	6,2	14,0	5 = Smooth trend model	Dagen_zonder_neerslag + Dummy + AfzetPlant + Dierlijke_Mest +
16,8	-8,5	6,1	13,9	5 = Smooth trend model	Dummy + AfzetPlant + Depositie + Dierlijke_Mest + Rundvee_aantal
16,8	-8,5	6,1	13,9	6 = Local linear trend model	Dummy + AfzetPlant + Depositie + Dierlijke_Mest + Rundvee_aantal
16,8	-3,5	6,1	13,9	2 = Local level model	Dagen_zonder_neerslag + Dummy + AfzetPlant + Depositie + Dierlijke_Mest + Rundvee_aantal
16,9	-8,8	5,3	12,2	4 = Local level with deterministic slope	AfzetPlant + Depositie + Dierlijke_Mest
16,9	0,3	6,3	14,2	4 = Local level with deterministic slope	AfzetPlant + Depositie + Dierlijke_Mest + Rundvee_aantal

Bijlage 3 Methodiek versnelling indicatoren door ‘expert raming’

ENR 1: Cumulatieve CO₂-emissies

Cumulatieve CO₂-emissies is beschikbaar voor de periode van 1860 tot 2017 er wordt dus één jaar geraamd.

De cumulatieve CO₂-emissie reeks wordt aangevuld met behulp van de versnelde CO₂-jaarraming volgens IPCC methode (ook een versnelde indicator MBW).

ENR 2: Werkgelegenheid duurzame energiesector

Werkgelegenheid duurzame energiesector is beschikbaar voor de periode van 2000 tot 2016 er wordt dus twee jaar geraamd.

Deze raming wordt door PBL gedaan en de methodiek staat beschreven in het volgende rapport: <https://publicaties.ecn.nl/ECN-E--16-028>

ENR 3: Investerings hernieuwbare energie en besparingen

Investerings hernieuwbare energie en besparingen is beschikbaar voor de periode van 2008 tot 2017 er wordt dus één jaar geraamd.

Deze raming wordt door PBL gedaan en de methodiek staat beschreven in het volgende rapport: <https://publicaties.ecn.nl/ECN-E--16-028>

ENR 4: Totale Milieu-uitgaven

Totale Milieu-uitgaven is beschikbaar voor de periode van 2000 tot 2016 er wordt dus twee jaar geraamd. Versnelde cijfers worden berekend op basis van de productieverandering van de sector milieudienstverlening (bron Nationale rekeningen).

ENR 8: Overheidsuitgaven aan klimaatmitigatie

Overheidsuitgaven aan klimaatmitigatie is beschikbaar voor de periode van 2007 tot 2016 er wordt dus twee jaar geraamd. Een versnelde jaarcijfer wordt gemaakt op basis van de budgetverwachting van het ministerie van EZK voor uitgaven gerelateerd aan klimaatmitigatie.

ENR 9: CO₂-uitstoot nationale luchtvaartmaatschappijen

CO₂-uitstoot nationale luchtvaartmaatschappijen is beschikbaar voor de periode van 1990 tot 2017 er wordt dus een jaar geraamd.

De CO₂-uitstoot nationale luchtvaartmaatschappijen wordt geraamd met behulp van de productie en verbruik van de luchtvaartmaatschappijen uit de nationale rekeningen.

Verklaring van tekens

Niets (blanco)	Een cijfer kan op logische gronden niet voorkomen
.	Het cijfer is onbekend, onvoldoende betrouwbaar of geheim
*	Voorlopige cijfers
**	Nader voorlopige cijfers
2019-2020	2019 tot en met 2020
2019/2020	Het gemiddelde over de jaren 2019 tot en met 2020
2019/'20	Oogstjaar, boekjaar, schooljaar enz., beginnend in 2019 en eindigend in 2020
2017/'18-2019/'20	Oogstjaar, boekjaar, enz., 2017/'18 tot en met 2019/'20

In geval van afronding kan het voorkomen dat het weergegeven totaal niet overeenstemt met de som van de getallen.

Colofon

Uitgever

Centraal Bureau voor de Statistiek
Henri Faasdreef 312, 2492 JP Den Haag
www.cbs.nl

Prepress

Centraal Bureau voor de Statistiek

Ontwerp

Edenspiekermann

Inlichtingen

Tel. 088 570 70 70
Via contactformulier: www.cbs.nl/infoservice

© Centraal Bureau voor de Statistiek, Den Haag/Heerlen/Bonaire, 2020.
Verveelvoudigen is toegestaan, mits het CBS als bron wordt vermeld.