

Nationaal Satelliet Dataportaal Ontsluiting en toepassingen

Gerbert Roerink en Sander Mucher

Email: Gerbert.Roerink@wur.nl
Tel: 0317-481598
Alterra, Wageningen UR

Nationale Satelliet Dataportaal

In Maart 2012 is het Nationale Satelliet Dataportaal (nso.datadoors.net/dd3/nso.html) geopend ter voorbereiding op de komst van de vrij toegankelijke Europese Sentinel satellietbeelden in 2014. Dit is een initiatief van het Netherlands Space Office (NSO) in samenwerking met het ministerie van EL&I. Het portaal verzorgt de (gratis) toegang tot ruwe satellietdata van Nederland. Hierdoor wordt zowel het bedrijfsleven en instituten (ontwikkeling van applicaties) als de eindgebruiker (betere en goedkopere informatie) geholpen. Nederland kan door deze centrale inkoop van data op een efficiënte wijze aan de benodigde informatie komen (beleid), maar ook het bedrijfsleven en onderzoeksinstituten een voorsprong geven op het buitenland.

De ruwe satellietdata zijn afkomstig van drie satellieten. Formosat-satellietbeelden hebben als voordeel een hoge ruimtelijke resolutie (2 of 8 meter). DMC-satellietbeelden zullen ongeveer 4 keer per week geheel Nederland dekken met een resolutie van 22 meter. En Radarsat zal radarbeelden van 25 m resolutie leveren, die nooit last hebben van bewolking. Alterra zal de DMC-satellietbeelden volledig gaan voorbewerken, omvormen tot biomassa kaarten (NDVI) en beschikbaar stellen middels een webservice (viewer en datastreaming).

Satellietbeelden in het Nationaal Satelliet Dataportaal

Satelliet	Data type	Bands/polarisatie	Spatiale Resolutie	Temporele Resolutie
Formosat	Panchromatisch Multispectraal	Black/white Blue, Green, Red, NIR	2 meter 8 meter	Elke 10 dagen
DMC	Multispectraal	Green, Red, NIR	22 meter	Ongeveer 4x per week
Radarsat	Radar	HH+HV polarisatie VV+VH polarisatie	25 meter	Elke 24 dagen

Ontsluiting

Het portaal zal geen kant-en-klare producten leveren. Zo liggen de beelden niet op de precieze plek, zijn ze vaak opgeknipt in meerdere stukken en geven ze slechts DN (digital numbers) waardes weer die omgezet moeten worden in reflecties en andere betekenisvolle producten, zoals biomassa kaarten.

Alterra hanteert de volgende ontsluitingsstrategie voor de beelden uit het portaal:

- DMC: Doelstelling is om minimaal een beeld per week (minst bewolkt) te ontsluiten en bij langere onbewolkte periodes alle dagen te processen. Het kan echter voorkomen dat er meerdere zwaar bewolkte weken achter elkaar zitten die vrij geen bruikbaar beeldmateriaal opleveren.
- Formosat: Deze beelden worden slechts op ad-hoc basis ontsloten voor bepaalde pilot gebieden of op aanvraag (NEO ontsluit de Formosat beelden van Nederland op operationele basis).
- Radarsat: Deze beelden worden ontsloten door Sarvision.

Daarnaast worden de bewerkte DMC beelden beschikbaar gesteld middels een webservice. Deze omvat zowel een browser (de groenmonitor, zie <http://www.geodata.alterra.nl/nsdbrowser/>) alsook een datastreaming service.

Ontsluitingsproces

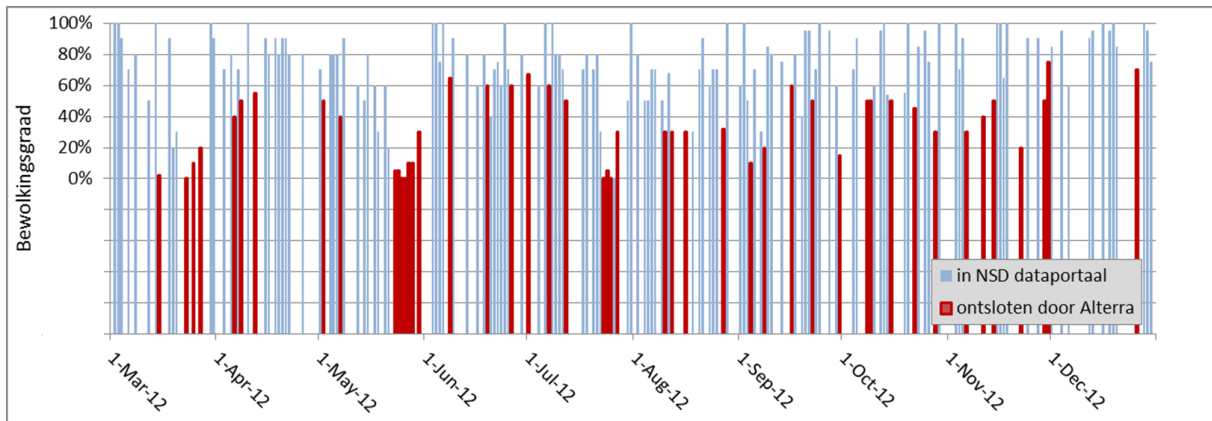
Het ontsluitingsproces van de DMC satellietbeelden omvat de volgende stappen.

DMC kenmerken en ontsluitingsparameters

DMC	Characteristics
Spectrale banden	Band 1: 0.77-0.90 um (NIR) Band 2: 0.63-0.69 um (rood) Band 3: 0.52-0.60 um (groen)
Originel resolutie	22 m (at nadir)
Geo-referentie	Projectie: Rijksdriehoekstelsel (RD-new) Resolutie: 25 m Hoek linksboven: x=0, y=625000 Aantal rijen: 13000 Aantal kolommen: 11200 Reference image: luchtfoto 2008 (geschaald naar 25 m resolutie)
Vegetatie index (NDVI)	Vanaf Maart 2012
Cloud/shadow masking	Vanaf Maart 2012
Spectrale reflectie	Vanaf Maart 2012
Atmosferische correctie	Nog niet (gepland in 2013)

1. Downloaden

Dagelijks wordt er ingelogd op het dataportaal en bekeken of er nieuwe beelden beschikbaar zijn. De bewolkingsgraad wordt bepaald en indien deze niet te hoog is worden de desbetreffende beelden besteld en gedownload. In 2012 kwamen er op 164 dagen DMC beelden beschikbaar waarvan er 41 zijn ontsloten door Alterra. Inclusief 4 additionele Landsat7-ETM beelden zijn er dus 45 beelden beschikbaar gekomen voor de eindgebruiker. De figuur hieronder illustreert dit nog eens.



Beschikbare (in NSD) en ontsloten DMC beelden in 2012

2. Spectrale reflectie

Op veel dagen is Nederland gedekt door 2, 3 of zelfs 4 DMC beelden; elk met hun eigen specifieke radiometrische kalibratie constanten. Om deze beelden samen te voegen tot een enkel beeld worden ze omgerekend tot spectrale reflectie waarden per band (NIR, rood en groen). Dit gebeurt in 2 stappen. Eerst wordt de het DN nummer omgezet naar spectrale stralingswaarde:

$$L_{\lambda} = \frac{DN}{Gain} + Bias$$

Waar L_{λ} de spectrale stralingswaarde (in $Wm^{-2}sr^{-1}\mu m^{-1}$) is, DN het digitale nummer (de numerieke waarde van de specifieke pixel) en de $Gain$ en $Bias$ beeld specifieke kalibratie waarden zijn die kunnen worden opgezocht in het bijgeleverde meta databestand (header file). Hierna kan de spectrale reflectie worden berekend met onderstaande formule:

$$\rho_{\lambda} = \frac{\pi x^2 L_{\lambda}}{E_{0\lambda} \cos \theta_s}$$

Waar d de relatieve afstand tussen de aarde en de zon is, E_{0s} de hoeveelheid inkomende zonnestraling is buiten de dampkring voor de spectrale band λ en θ_s de hoek tussen de inkomende zonnestraling en de loodrecht op het aardoppervlak (zenith hoek). De waarden voor E_{0s} worden gegeven in de DMC gebruikershandleiding; d kan dagspecifiek worden berekend of worden opgezocht in look-up tabellen en θ_s wordt gegeven in de bijgeleverde meta data.

3. Geo-rectificatie

De reflectie beelden worden nu geografisch goedgelegd in het Rijksdriehoekstelsel. Als referentiebeeld is een luchtfoto uit 2008 gebruikt die ook voor hoogte is gecorrigeerd (ortho-rectificatie). Ongeveer 60 paspunten en een derde-orde polynoom correctie worden gebruikt voor geo-referentie van een enkel beeld dat geheel Nederland omvat. De resolutie van de georeferendeerde beelden is 25 m.

4. Mosaicking

Als een satellietopname is opgeknipt in meerdere beelden worden deze samengevoegd tot een enkel beeld. Het aantal rijen en kolommen wordt voor elk beeld gelijk getrokken (11200 kolommen x 13000 rijen). Resolutie (25 m) en aantal rijen en kolommen zijn exact gelijk aan al bestaande kaartlagen binnen Alterra, zoals het Landelijk Grondgebruiksbestand van Nederland (LGN), het Algemeen Hoogtebestand van

Nederland (AHN) en de Basis Registratie Percelen (BRP). Dit maakt latere analyse een stuk eenvoudiger.



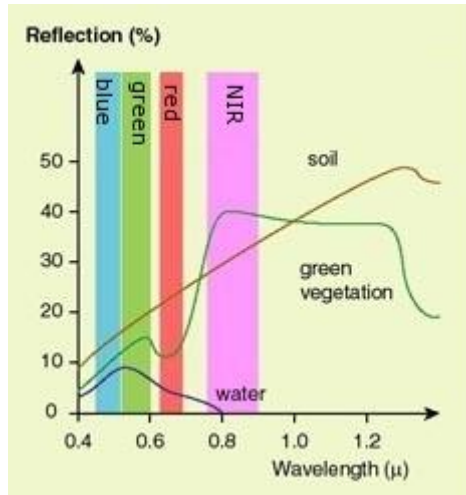
Voorbeeld van een gegeorefereerd DMC beeld van Nederland op 25 May 2012

5. Wolken/schaduw filter

Helaas komen volledig onbewolkte omstandigheden in geheel Nederland maar op zeer weinig dagen voor. Daarom is een wolkenfilter onontbeerlijk om deze te verwijderen. Gebleken is dat de beschaduwde gebieden ook verstoorde reflectiewaardes geven; daarom zullen ook de wolken schaduwen gefilterd en verwijderd moeten worden. Hiervoor is een beslissingsboom opgezet, die berust op het principe dat wolken hogere reflectiewaardes hebben dan land. Een bewolkt beeld wordt vergeleken met het meest recente onbewolkte beeld en als een pixel bepaalde grenswaarden overtreedt wordt het gekenmerkt als wolk en verwijderd. Voor schaduwen geldt het omgekeerde principe. Helaas worden bepaalde abrupte overgangen in landgebruik (gewasogst, ploegen, bouwactiviteiten, etc.) hierdoor soms ook gekenmerkt als wolk/schaduw. Daarom wordt, indien nodig, nog een laatste handmatige screening toegepast.

6. NDVI

Planten, of beter gezegd groene biomassa, absorberen grotendeels het rode zonlicht middels de fotosynthese en reflecteren het merendeel van het Nabij-Infrarode (NIR) licht. Bij kale bodems (rotsen, zand, geploegd land) is dit verschil veel kleiner.



Reflectie-eigenschappen van kale bodem, vegetatie en water

Dit principe wordt gebruikt om vegetatie indicatoren te berekenen. De meest bekende is de Normalised Difference Vegetation Index (NDVI). De NDVI is een ratio tussen de reflecties van het rode en het NIR licht:

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{red}}{\rho_{NIR} + \rho_{red}}$$

Waarbij ρ_{NIR} en ρ_{red} de reflecties van de zonnestraling in het NIR (DMC band 1) en het rood (DMC band 2) zijn. De index loopt van 0 tot bijna 1 waarbij waarden van 0 water weergeven, waarden tussen 0.1 en 0.2 kale bodem weergeven. Vanaf ongeveer 0.2 vindt er plantengroei plaats met een verzadigd signaal tussen 0.8 en 0.9 dat groene biomassa van meerdere bladlagen weergeeft.

Typische NDVI waarden en hun betekenis in termen van plantengroei

NDVI	Landbouw	Natuur
0	Open water	Open water
0.1	Drassig/nat geploegd land	Wit zand of rotsachtige bodems (tevens stedelijk gebied en wegen)
0.2	Geploegd land	Kale bodem
0.3	Net opkomend gewas Net geoogst gewas	Bladverliezende vegetatie in de winter, zoals loofbos, struweel, heide, riet
0.4	Opkomend gewas Gemaaid gras	Naaldbos in de winter
0.5	Gesloten gewas	Opkomende (lente) of afstervende (herfst) bladverliezende vegetatie
0.6	Gewas met ±2 bladlagen Afgerijpte mais	Naaldbos in de zomer Heide in volle bloei
0.7	Gewas met ±3 bladlagen	Moerasvegetatie in de zomer
0.8 en hoger	Groene volgroeide mais Groene volgroeide granen Lang gras Andere groene gewassen met veel bladlagen	Groen loofbos

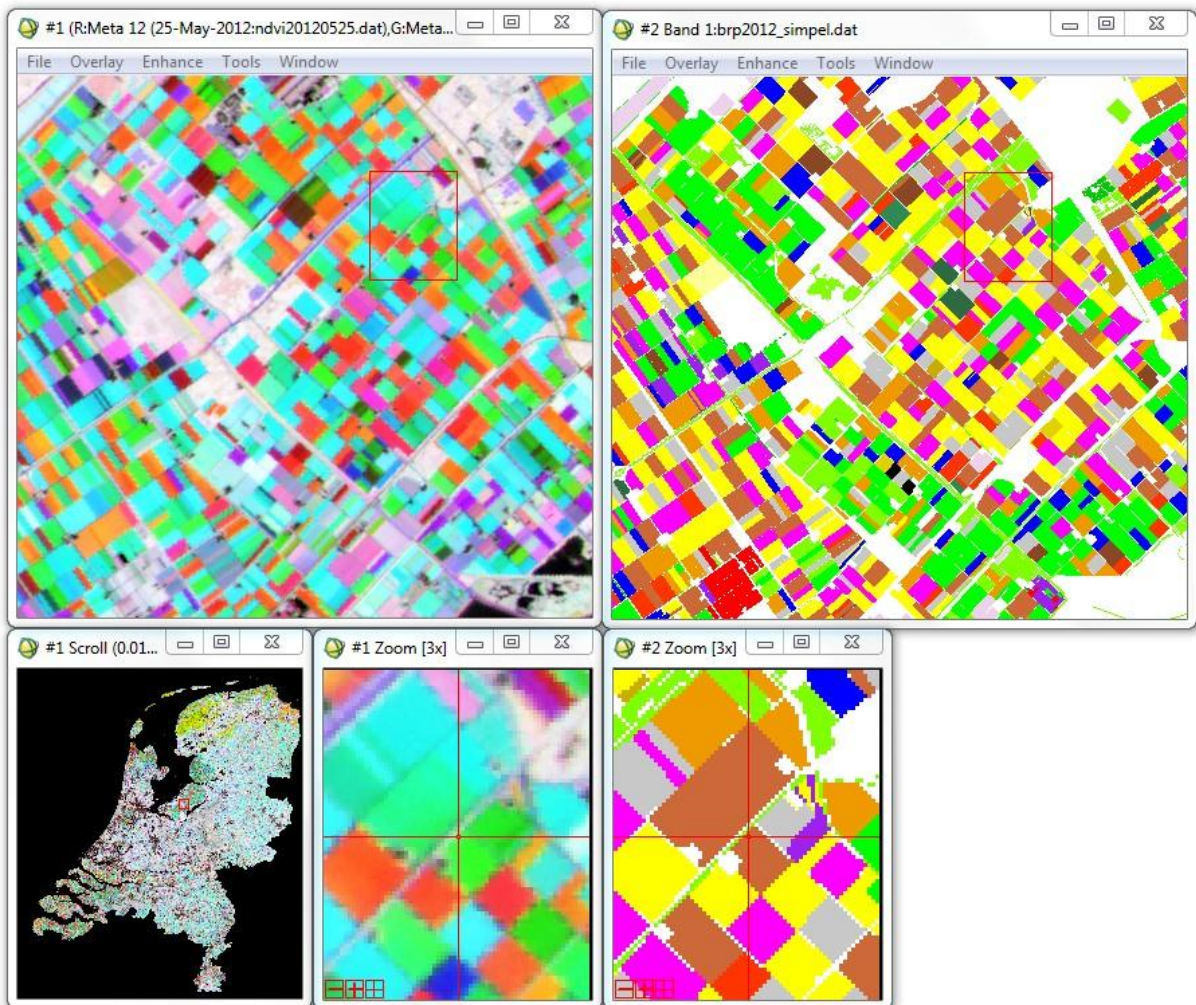
Toepassingen

In totaal zijn er 45 NDVI beelden beschikbaar in de periode Maart-December 2012. Het vernieuwende aspect aan deze data is je met deze data op perceel niveau de gewasgroei kunt volgen. Voorheen was plantengroei alleen te volgen vanaf een resolutie vanaf 250 m (MODIS) en lager (bijv 1 km resolutie van NOAA/AVHRR), waardoor de percelen in Nederland niet afzonderlijk te onderscheiden waren. 25 m resolutie beelden waren voorheen alleen beschikbaar van enkele satellieten (bijv. Landsat, Spot) die eens in de zoveel weken een opname verzorgden waardoor een adequate gewas monitoring niet mogelijk was, zeker gezien de hoge bewolgingsgraad boven Nederland. Bovendien moest voor het merendeel van de beelden betaald worden, wat ook een rem zette op de beelden acquisitie. De vraag is nu wat er allemaal kan met deze beelden. Een aantal verkennende studies worden hierna gepresenteerd.

Gewasgroei en detectie

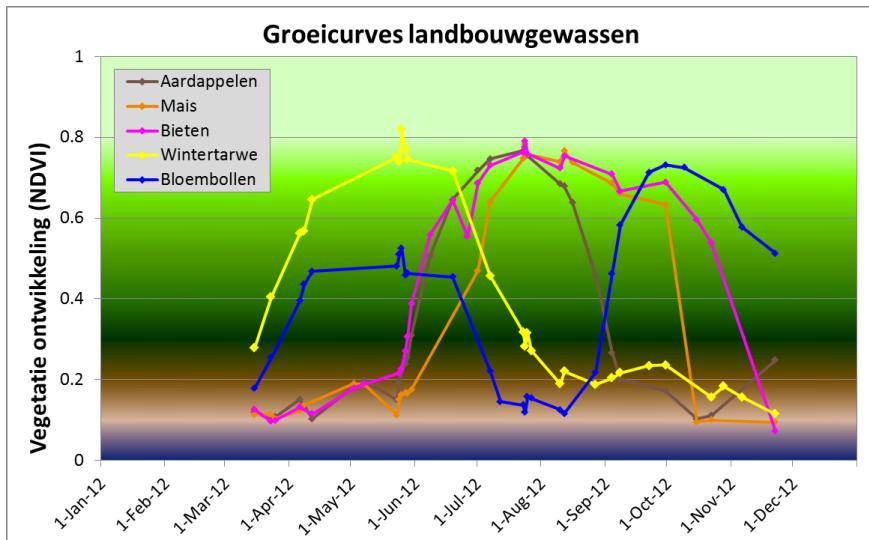
Onderstaande linker figuur is een kleurencompositie van NDVI beelden van 3 opname dagen in de Flevopolder. Rood is 25 Mei, groen is 25 Juli en blauw is 30 September. Dus als een perceel een felrode kleur heeft staat er veel vegetatie op 25 Mei en weinig vegetatie op de andere dagen, waarschijnlijk gaat het dan om wintergranen die geoogst worden in Juli. Als percelen een groene kleur hebben staat er veel vegetatie op 25 Juli en niet op de andere dagen; een voorbeeld van zo'n gewas is pootaardappelen dat opkomt eind Mei/begin Juni en dat al vroeg geoogst worden in September. Donkerblauwe percelen komen niet veel voor, omdat er dan pas vegetatie staat in September, een weinig voorkomende gewaskalender, maar voor sommige groenteteelten is dit het geval. Gele percelen zijn dus een combinatie van rood en groen, dus staat er veel vegetatie in Mei en Juli, waarna het gewas geoogst is en het eind September weer kaal is (bijv zomergranen). Evenzo voor marine blauw, wat een combinatie is van groen en blauw, dus geen vegetatie in Mei en veel in Juli en September (mais, bieten, consumptieaardappelen). Als het beeld wit-, grijs- of zwarttinten heeft is er weinig verandering in de tijd geweest kwa gewasgroei, waarbij zwart gebieden zonder biomassa aangeeft (water, bebouwing, zandgronden) en wit altijd groene gebieden aangeeft (gras, maar ook bos is groen in de periode Mei-September).

De rechterkant van de figuur geeft de Basis Registratie Percelen 2012 weer, dus de gewasopgave van de boeren zelf (geel = wintertarwe, groen = gras, oranje = mais, blauw = bloembollen, paars = suikerbieten, grijs = uien, lichtbruin = consumptieaardappelen, donkerbruin = pootaardappelen, rood = groenteteelt). Zoals hierboven is uitgelegd kan de gewasgroei prima gevolgd worden middels de NDVI beelden.

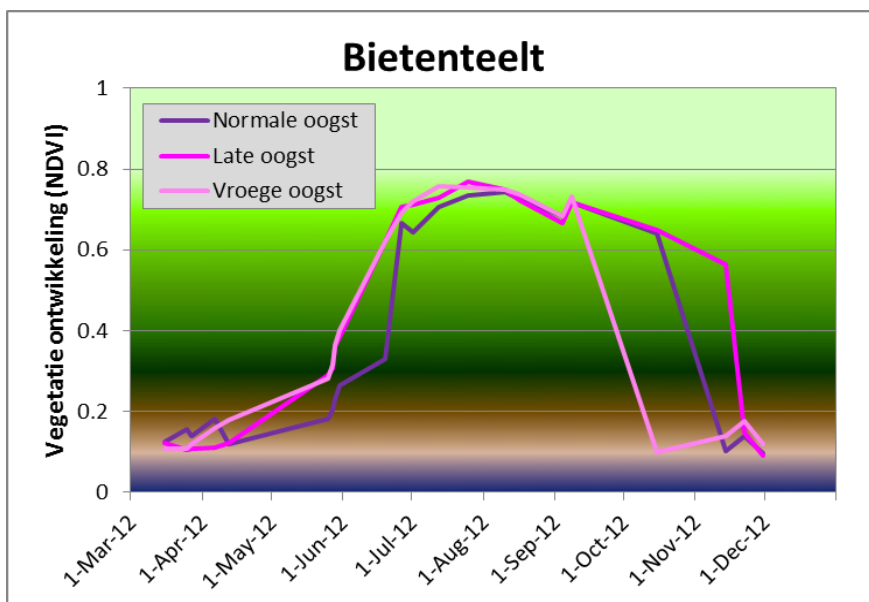


Kleurencompositie (links) van NDVI beelden van 25 Mei (rood), 25 Juli (groen) en 30 September (blauw), vergeleken met de BRP gewas opgave (rechts) van de boeren in 2012 (geel = wintertarwe, groen = gras, oranje = mais, blauw = bloembollen, paars = suikerbieten, grijs = uien, lichtbruin = consumptieaardappelen, donkerbruin = pootaardappelen, rood = groenteteelt)

De volgende stap in volgen van de gewasgroei is om alle 45 NDVI beelden van een jaar te gebruiken en de gewasgroei over het jaar te bepalen. Dit is gedaan in onderstaande figuur. Per curve worden er veel minder punten dan de genoemde 45 weergegeven, omdat er beelden zijn zonder data voor dit specifieke perceel door bewolking of doordat het beeld simpelweg de Flevopolder niet dekt. Er blijven echter genoeg punten over om een groeicurve vorm te geven. Zo zijn er vroege gewassen zoals bloembollen en wintertarwe, waarbij bloembollen veel minder biomassa op zijn hoogtepunt heeft dan tarwe. Bij beide percelen is trouwens nog een tweede piek te zien in de herfst; dit zal wintertarwe zijn in het perceel met bloembollen (nog steeds groen in December) en een groenbemester in perceel met wintertarwe (weer ondergeploegd in December). Hierna komen de bieten en aardappelen op, op de voet gevolgd door mais. In dit geval is de groeicurve van bieten en aardappelen vrijwel identiek, alleen het oogsttijdstip verschilt een maand. Op deze manier kunnen de gewassen worden geclassificeerd.



Binnen een enkel gewas kunnen echter ook grote verschillen worden gedetecteerd. Hieronder een voorbeeld van 3 percelen met suikerbieten in Zeeland, waar het moment van oogsten wel twee maanden kan schelen.

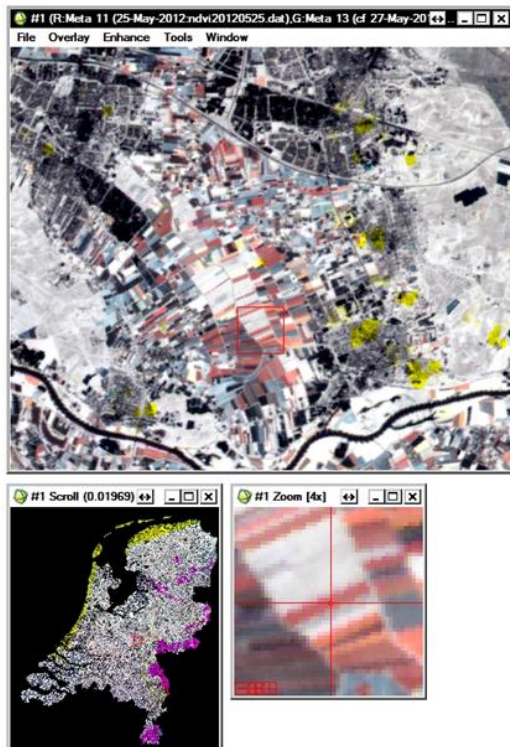


Maaibeheer

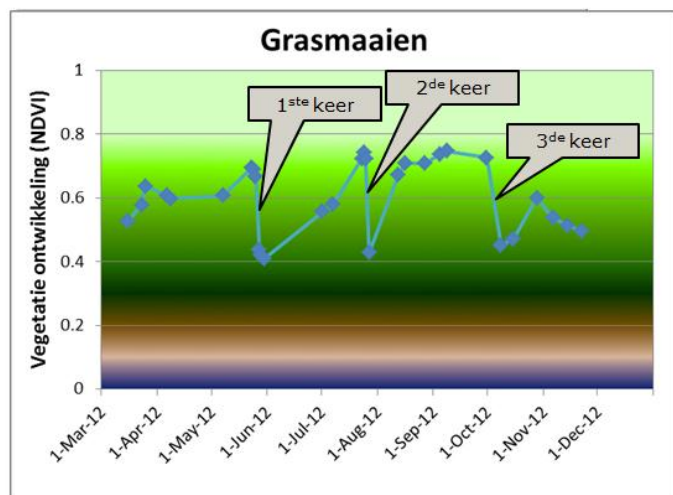
Grasland is in Nederland in principe altijd groen. Echter agrarische graslanden worden wel diverse keren per jaar gemaaid. Dit kan ook perfect worden gevolgd met behulp van de beelden uit het satellietdataportaal. Hieronder is links weer een kleurencompositie weergegeven van 3 NDVI beelden van 25 Mei (rood), 27 Mei (groen) en 28 Mei (blauw). Dit was de week van Pinksteren met prachtige onbewolkte dagen achter elkaar. Een unieke kans om de gewaspercelen van dag tot dag te volgen. In principe verwacht je gedurende die paar dagen geen schokkende veranderingen in de groeicurve, dus zo'n kleurencompositie zal vooral zwart/grijs/wittinten bevatten. Maar dit was ook het moment dat de boeren massaal gras gingen maaien na de natte April maand. Dit zie je perfect terug in het beeld. Vooral de rode percelen springen in het oog; deze hadden nog

veel biomassa op 25 Mei, maar op 27 Mei een stuk minder, oftewel de boer heeft het gemaaid op 26 Mei of 25 Mei 's middags, omdat de satellietopname altijd 's ochtends is. Zo zijn er ook nog enkele gele percelen te herleiden die gemaaid zijn op de middag van 27 Mei. Echter de grote gele vlekken zijn wolkjes op het 25 Mei beeld die eruit gefilterd zijn.

Als we de groeicurve van het hele jaar bekijken kunnen we constateren dat het grasperceel 3x is gemaaid (in Mei, Juli en September). Vanaf November gaan de NDVI waardes weer iets omlaag door de koudere omstandigheden en de verminderde intensiteit van de zonnestraling.



- Rood = 25 Mei
- Groen = 27 Mei
- Blauw = 28 Mei



Kleurencompositie (links) van NDVI beelden van 25 Mei (rood), 27 Mei (groen) en 28 Mei (blauw) en de groeicurve van een van de graspercelen

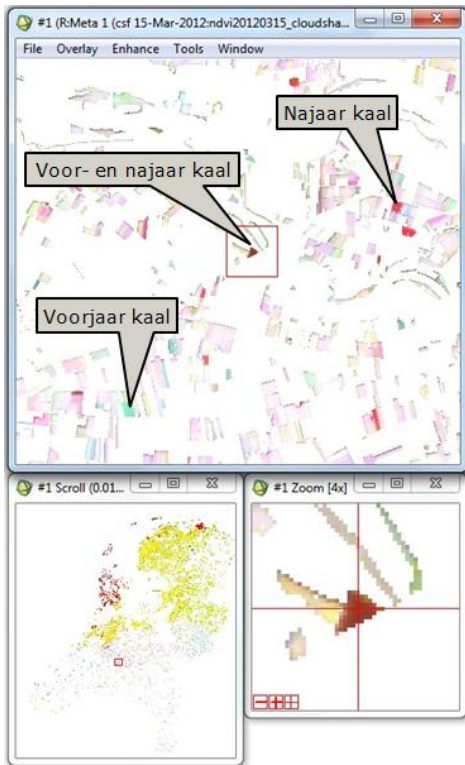
Controle BRP

Nu het mogelijk is om de gewasgroei goed te karteren middels de NDVI beelden en de verschillende gewassen en het agrarisch beheer ook in kaart te brengen is het uiteraard ook mogelijk om dit te controleren. Bijvoorbeeld of de BRP opgave van de boeren klopt met het daadwerkelijk geteelde gewas.

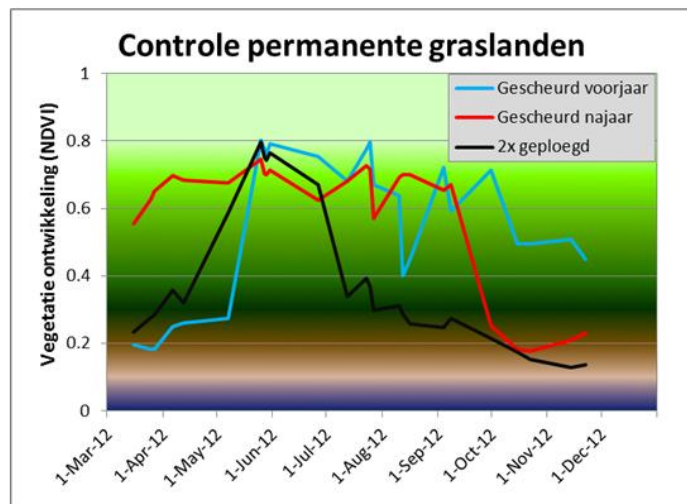
Een voorbeeld wordt hier gegeven ten aanzien van de BRP klasse "permanent grasland". De definitie van permanent grasland houdt in dat het maximaal eens in de 5 jaar gescheurd en opnieuw ingezaaid mag worden.

In de figuur hieronder is wederom een kleurencompositie gegeven van drie NDVI beelden op 15 Maart (rood), 30 September (groen) en 14 november (blauw). Middels de BRP opgave zijn alle gewassen gemaskeerd behalve de klasse permanent grasland. Aangezien grasland normaal gesproken niet geploegd wordt, zullen de NDVI waardes altijd redelijk hoog zijn (boven de 0.4; zie de grasbeheercurve met de 3 momenten van grasmaaien),

resultierend in witte pasteltinten. Echter sterk afwijkende kleuren geven een indicatie van ploegen. In de figuur hieronder zijn er drie percelen nader onder de loep genomen. Het rode perceel is geploegd in het najaar en het marine blauwe perceel is geploegd in het voorjaar. Dit is echter nog niet voldoende bewijs dat het perceel niet voldoet aan de definitie permanent grasland, want er mag immers eens in de vijf jaar worden gescheurd (= geploegd en opnieuw ingezaaid). Het derde perceel met donkerbruine tinten heeft echter op alle drie dagen lage NDVI waardes duidend op geploegd land. De groeicurve van het jaar bevestigt dit, waarschijnlijk heeft hier wintertarwe gestaan. Uiteraard zal zo'n controle effectiever worden als er meerdere jaren aan satellietbeelden beschikbaar komen.



- Rood = 15 Maart
- Groen = 30 September
- Blauw = 14 November



Kleurencomposiet (links) van NDVI beelden van 15 Maart (rood), 30 September (groen) en 14 november (blauw) en de groeicurves van drie "permanente graslanden" (rechts)

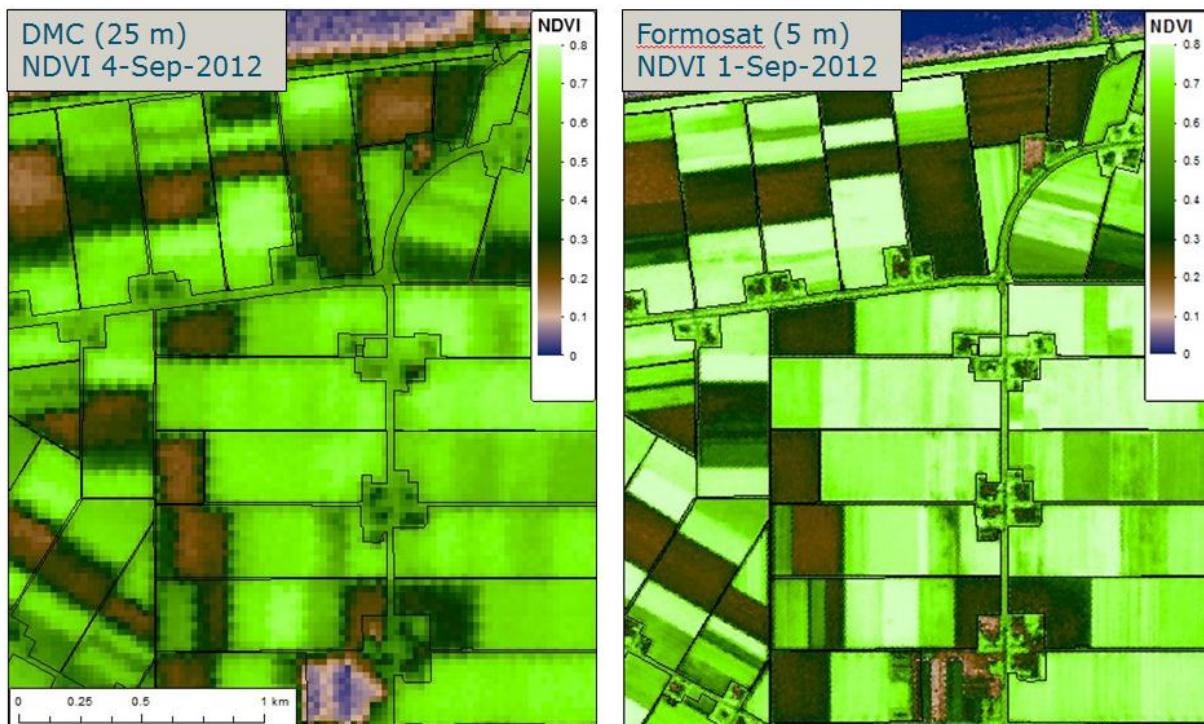
Precisielandbouw

Een van de beoogde doelen van de NSD is precisielandbouw, oftewel niet per veld maar per vierkante meter het agrarisch beheer afstemmen op de locatie specifieke behoeftes. Met de relatief kleine percelen in Nederland houdt dit in dat om dit af te leiden uit satellietbeelden de resolutie van die beelden hoog moet zijn. Een verkennende studie is uitgevoerd met behulp van de verschillende satellietbeelden uit de NSD, te weten de DMC beelden op 22 m resolutie (geresampled op 25 m resolutie) en de Formosat beelden op 8 m resolutie (geresampled naar 5 m resolutie).

Van beide satellieten zijn NDVI beelden afgeleid van twee beelden van vrijwel identieke datum (DMC op 4 September en Formosat op 1 September). Als je de beelden visueel vergelijkt zie je dat de NDVI waardes gemiddeld wel ongeveer hetzelfde zijn op perceelsniveau. Echter het detail niveau van de Formosat beelden is veel groter, specifieke afwijkingen in NDVI waardes binnen een perceel zijn veel explicieter voor het

Formosat beeld. De 25 m resolutie van DMC is duidelijk zichtbaar in de vorm van de afzonderlijk zichtbare rastercellen en het beeld lijkt veel meer te "vervloeien" als het Formosat beeld.

Om daadwerkelijk van satellietbeeld tot taakkaart (bemesting, irrigatie, loofdoding, etc.) te komen lijkt de 25 m resolutie ontoereikend. Een tweeledige benadering lijkt de oplossing: de gewasgroei per perceel volgen middels wekelijkse DMC beelden, waarna op kritieke momenten wordt ingezoomd naar Formosat beelden om tot taakkaarten te komen.

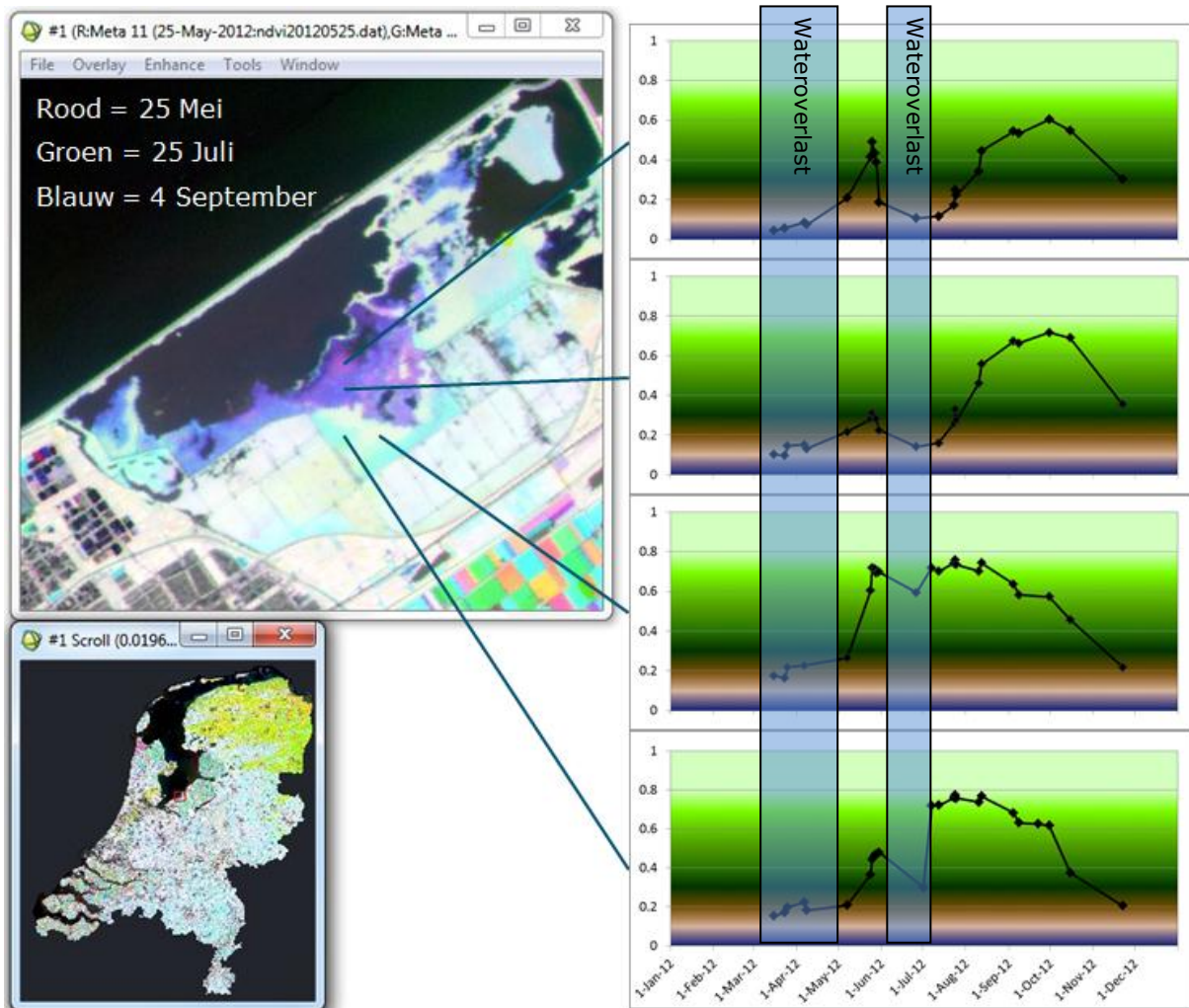


Vergelijking van NDVI beelden van DMC (25 m) en Formosat (5 m) in de Noordoostpolder

Natuurbeheer

Uiteraard kan met de beelden uit het satellietdataportaal ook de natuurontwikkeling worden gevolgd. Een voorbeeld hiervan is de natuurdynamiek binnen de Oostvaardersplassen. De Oostvaardersplassen zijn destijds ontstaan omdat dit gebied in de Flevopolder vrijwel niet te ontwateren was. Daarom heeft men besloten om dit gebied dan maar te bestempelen als natuurgebied en de natuur en het klimaat zijn gang te laten gaan.

Dit is goed te zien in de vegetatiedynamiek binnen de Oostvaardersplassen in onderstaande figuur. Als gevolg van verschillen in maaiveldhoogte en andere factoren zijn sommige gebieden gevoeliger voor wateroverlast dan andere. Duidelijk te zien is dat er twee periodes met wateroverlast waren, één in April/begin Mei en één in Juni. De impact is echter voor elk gebied anders.



Kleurencomposiet (links) van NDVI beelden van 25 Mei (rood), 25 Juli (groen) en 4 September (blauw) en de groeicurves van verschillende locaties in de Oostvaardersplassen

Conclusies

NSD is een prachtig initiatief om het gebruik van Remote Sensing voor agrarische (en andere) doeleinden een boost te geven. Het vernieuwende aspect is dat met deze data op perceel niveau de gewasgroei kan worden gevolgd.

Gewasgroei en detectie is goed mogelijk met beelden uit de NSD.

25 m resolutie (DMC) is geschikt voor analyse op perceelsniveau, zoals gewaskartering, plantontwikkeling en oogstvoorspelling.

5 m resolutie (Formosat) is geschikt voor analyse op pixelniveau binnen percelen, dus daadwerkelijke precisielandbouw toepassingen, zoals plaats-specifieke bemesting, berekening of loofdoding.

Ook andere toepassingen naast landbouw zijn mogelijk, zoals natuurontwikkeling.