

ON-THE-GO SPROJTNING

VED HJÆLP AF FRONTMONTERET MULTISPEKTRALT KAMERA

Projekt i Partnerskabet for præcisionssprøjtning - Miljøstyrelsen



Miljøministeriet
Miljøstyrelsen

 **SEGES**

SAMMENDRAG

Et multispektralt frontmonteret kamera (fra firmaet Augmenta) til on-the-go generering af biomasseindeks er afprøvet i 2021. Med kameraet monteret på en selvkørende sprøjte er der opsamlet data af biomasseindeks (AUG-indeks) fra kameraet, og disse er blevet sammenlignet med biomasseindeks (NDVI og NDRE) målt fra drone, i de samme marker. Sammenligningen af de målte biomasseindeks viste, at der ikke kunne findes en god sammenhæng mellem markernes (AUG-indeks) og (NDVI- eller NDRE-indeks). Firmaet bag kameraet har endnu ikke udviklet algortimer til almindelige planteværnsopgaver, så derfor er det ikke muligt at bruge teknologien til graduering eller pletsprøjtning under danske forhold. Augmenta-kameraet er et produkt under udvikling. Projektet er støttet af puljen 'Partnerskab for præcisionssprøjtning' fra Miljøstyrelsen.

1 INTRODUKTION

I projektet afprøves en frontmonteret kameraløsning (Augmenta) med et multispektralt kamera til "on-the-go"-generering af tildelingsfiler til pletsprøjtning og graduering. De opsamlede data fra kameraet sammenlignes i projektet med dronedata fra de samme marker.

NDVI- og NDRE-indeks er anerkendte indeks til at beskrive den grønne biomasse og forskelle i den grønne biomasse i markafgrøder, fra tidligt i sæsonen og frem til det tidspunkt, hvor afgrøden ændrer farve fra grøn til andre farver, f.eks. lyse/gule farver som kan opstå i forbindelse med skridning/tørke/afmodning i korn.

Det er derfor nærliggende at anvende en sammenligning af data fra de kendte biomasseindeks og søge at finde en korrelation med biomassedata fra Augmentas multispektrale kameraløsning der vises som det såkalde AUG- indeks.

Udstyret har ikke tidligere været afprøvet i Danmark, men Brdr. Toft - Sprøjtespecialisten har fået udstyret stillet til rådighed i 2021. Kameraet er afprøvet igennem flere år, og senest markedsført i bl.a. USA, Australien, Argentina, Tyskland, Tyrkiet og Grækenland. Produktet er først anvendt til variabel tildeling af gødning og siden også til sprøjteopgaver i bomuld med store væskemængder. Det kamera, der er testet i 2021, er en helt ny 2. generation af kameraløsningen.

Samtidig med scanning af afgrøden tager Augmenta regelmæssigt RGB snap-shots billeder i ret høj oplosning således, at man efterfølgende kan klikke ind på det generede kort og se detaljer i marken. Der tages også snapshot af evt. problemområder/ områder, der skiller sig ud. Man kan således inspicere marken fra kontoret. Forventningen til en "on-the-go"-løsning er at det er mere nøjagtigt end satellitbilleder, og både hurtigere og nemmere at håndtere end dronebilleder.

En ulempe ved "on-the-go"-løsninger kan være, at væskemængden, der er behov for at opblade i sprøjte-tanken, ikke kan beregnes på forhånd, med mindre man vælger at overkøre marken forud for behandling. Ved anvendelse af sprøjter med injektionsudstyr er tankindholdet udelukkende vand, og der tilsettes derfor kun pesticid hvis tildelingsalgoritmen foreslår tilsetning. En udfordring ved denne løsning er dog reaktions-tiden på injektionssystemet, som ikke vil forventes at være hurtig nok, når kameraet måler nogle få meter foran sprøjten.

2 MATERIALER OG METODER

2.1 Augmenta kameraløsning

Kameraet er blevet afprøvet hos Klitgaard Agro A/S, Rørholtvej 76, Ulsted, 9370 Hals, og driftsleder Mads Lindermann har forestået afprøvningen af kameraløsningen på ejendommen. Monteringen af kameraet på sprøjten blev udført af Brdr. Toft - Sprøjtespecialisten. Både driftslederen og montøren syntes, at det var en relativ nem opgave at få kameraet monteret og tilsluttet, det tog nogle timer. Der var tilsendt en manual som blev fulgt, og Augmentas afdeling i Grækenland var klar med hjælp.



Billede 1. Augmenta kamera monteret på taget af sprøjten. Foto: Finn Søndergaard

Det multispektrale Augmenta-kamera kan scanne afgrøden i op til 40 meter i bredden, typisk i 2 meter grid på hele bombredden. Løsningen kører i real-tid, og er integreret på den selvkørende sprøjte gennem ISO-bus. De opsamlede data lagres og kan også anvendes efterfølgende. Udstyret har ikke tidligere været afprøvet i Danmark, men Brdr. Toft - Sprøjtespecialisten har af firmaet Augmenta fået udstyret til låns i 2021, se mere på firmaets hjemmeside: Augmenta.ag

2.2 Kameraoptagelser med Augmenta til graduering/pletsprøjtning

Driftslederen har lavet en visuel sammenligning af de forskelle, han kunne se i afgrøden mens han kørte i marken, og de forskelle som kameraet fandt i afgrøden. Der er lavet 20 kameraoptagelser i forbindelse med kørsel i marker med vintersæd, raps, frøgræs, vårsæd og majs.

Det var forventningen fra projektets begyndelse at kameraudstyret kunne anvendes til gradueret tildeling og test heraf undervejs i sæsonen.

2.3 Sammenligninger af kamera- og droneoptagelser

Der foretages sammenligninger mellem Augmenta-billedoptagelser af marker, og droneoptagelser af de samme marker næsten samtidigt for at undersøge korrelationen mellem de to forskellige indeks. På forhånd har forventningen været at finde en høj korrelation mellem de to indeks, da begge indeks udtrykker markens aktuelle biomasseniveau. Både AUG-indeks og NDVI/NDRE-indeks har en skala der går fra -1 til

+1, og der vil fortrinsvis vises værdier på den positive del af skalaen, da værdien vil blive større, jo mere grønt der er på marken. Normalt vil selv en stubmark have et NDVI indeks som lige netop kommer op i den positive del af skalaen.

Der blev udvalgt tre marker til sammenligning mellem Augmenta- og droneoptagelser. De udvalgte marker repræsenterede marker med lav, mellem og høj biomasse. En majsmark under fremspirling blev valgt for at se om der var mulighed for at man med kameraet kunne vurdere fremspirling af ukrudt mellem rækkerne og vurdere forskelle i behovet for ukrudtsbekämpelse.

2.4 Droneflyvning og droneoptagelser

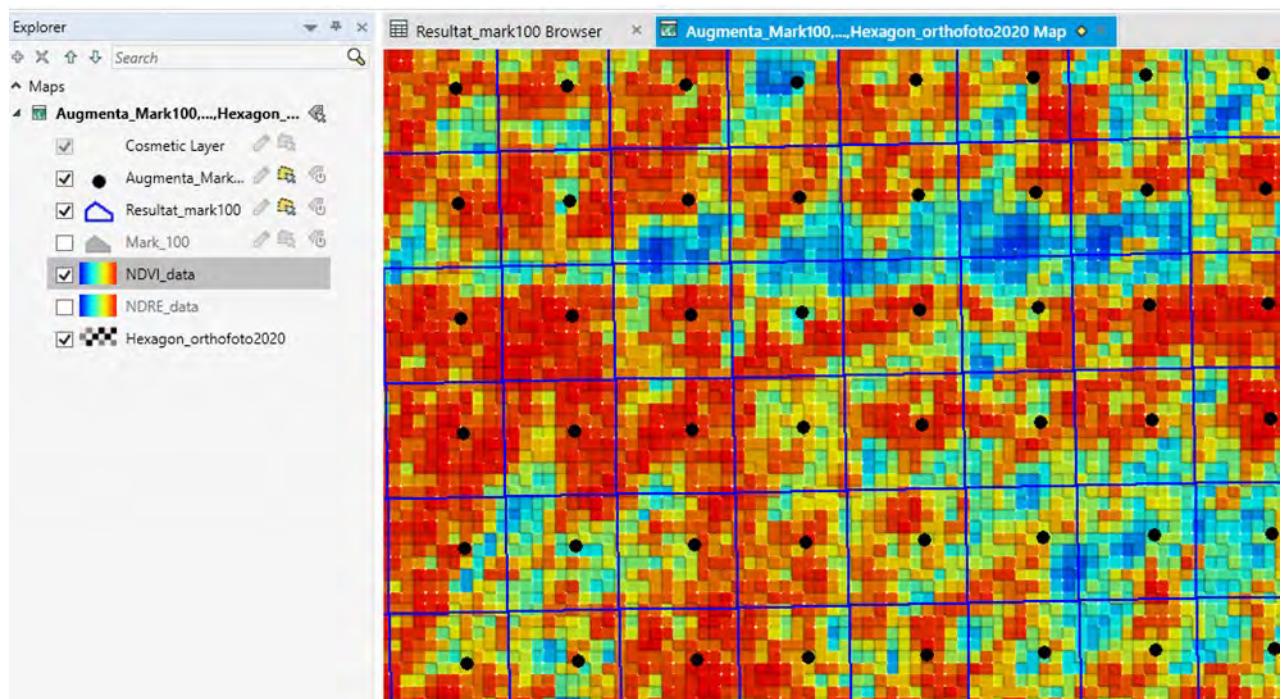
Droneoptagelserne blev lavet i de tre udvalgte marker på flere kanaler, RGB, NDRE og NDVI.

Optagelserne blev lavet umiddelbart før eller efter kørsel med Augmenta-kameraet. Der er anvendt radio-metrisk korrektion i forbindelse med optagelserne.

Droneoperatøren har stitchet billedeerne i programmet PIX4D, og sendt TIFF filer, som er indlæst i GIS-programmet MapInfo Pro Advanced. Filer af billeddata fra Augmenta-billedeerne er også indlæst i MapInfo Pro Advanced. Der blev lagt et 1*1 meter grid ned over markerne så det passede med Augmenta-punkterne. Herefter er der beregnet gennemsnit af NDRE, NDVI fra dronen og Augmenta målingerne indenfor hvert grid, hvor der er målinger fra både dronebillede og Augmenta-data, se figur 1.

2.5 Marksprøje

Der er kørt med en Dammann DT 3500H S4 selvkørende sprøjte med en arbejdsbredde på 30 m. Sprøjten har sektionskontrol per 1-2 meter. De yderste dyser i hver side kan styres enkeltvis. Der er en ekstra beholder på sprøjten med mulighed for injektion til pletsprøjtning/ekstra dosis i forære m.v. Augmenta-kameraet blev monteret på førerhuset af sprøjten.



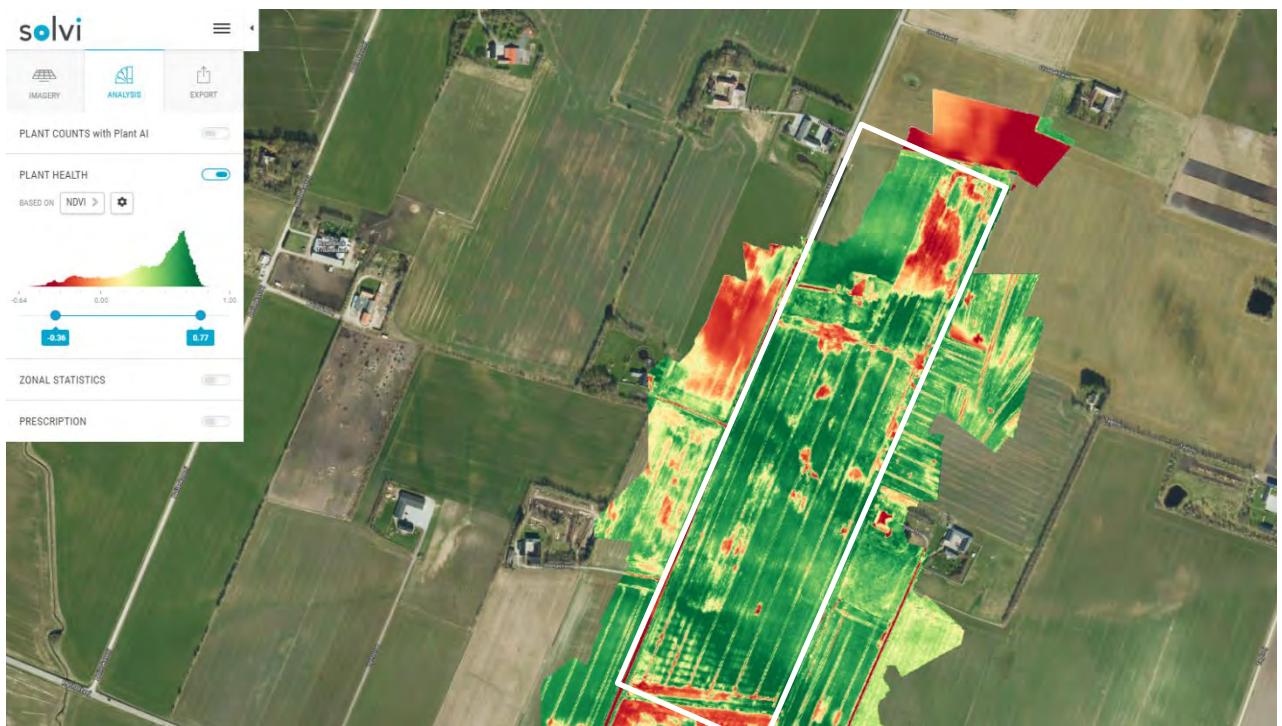
Figur 1. Sammenligning af Augmenta billede med NDVI og NDRE data fra droneoptagelser. Kvadraterne viser 1*1 meter grid. Der er anvendt regionsinspektion for at finde gns. værdier indenfor hver 1 meter celle. De blå punkter er Augmenta-data, og de farvede kvadrater er NDRE/NDVI-data fra drone.

3 RESULTATER OG DISKUSSION

I figur 2-5 vises Augmenta-indeks og NDVI-indeks for to marker. Som det ses, har marken i figur 2 og 3 generelt et højt biomasseindeks i begge indeks, og der er pletter med lav biomasse i begge indeks, og med en grov vurdering findes disse områder de samme steder i begge indeks. I figur 4 og 5 er der et lavt biomasse-niveau i begge indeks. Marken er en majsmark med sparsom vækst, da majsen kun lige netop er spiret frem. Det kan man se af RGB billedet, som ikke er vist her. Det viste sig, at billedeerne ikke var i høj nok opløsning til, at man kunne se forskelle i fremspiringen på optagelserne af NDVI og AUG-indeks, enten fordi der ikke var tilstrækkelig høj opløsning af billedeerne, eller fordi der var meget sparsom fremspiring på måletidspunktet. Alene ud fra billede som disse, er det ikke muligt at vurdere mulighederne for at lave graderet ukrudtsbekämpelse f.eks. forud for fremspiring af majsen. Bemærk at markgrænserne ikke er tilpasset i visningerne i figurerne 2-5, så måling i de enkelte marker går ud over markgrænserne.



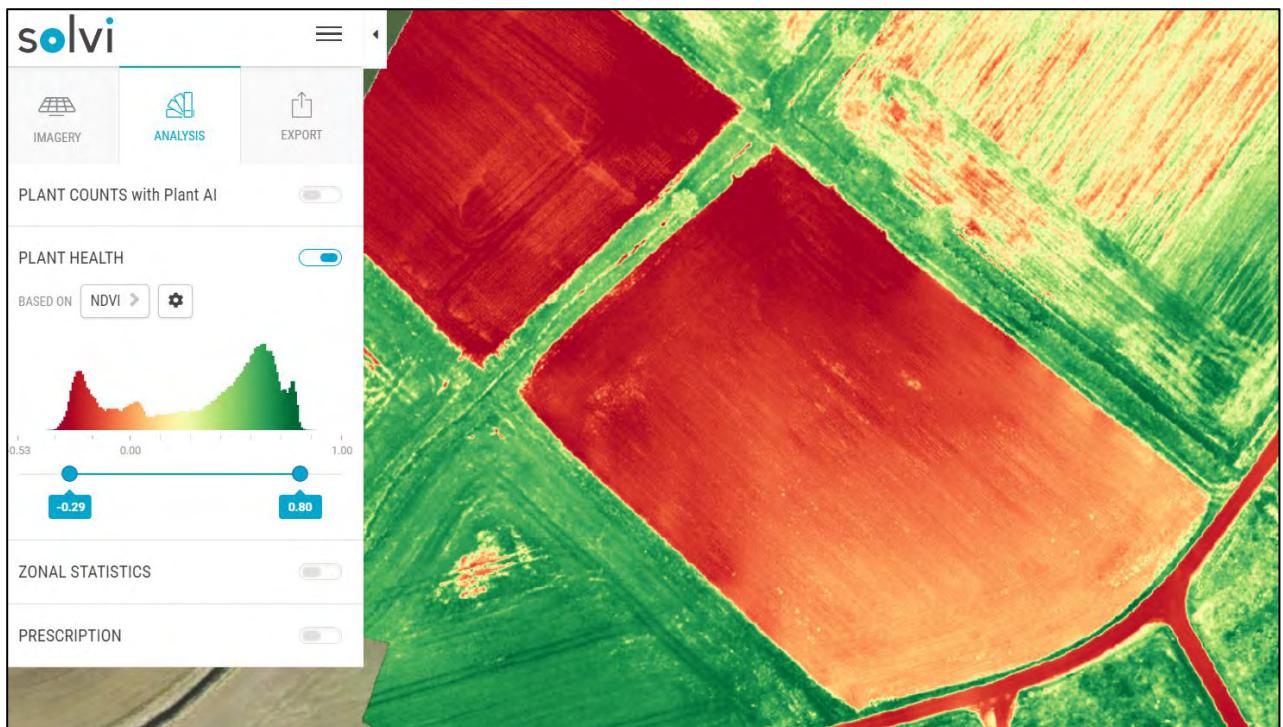
Figur 2. Augmenta-biomassemålinger, AUG-indeks for mark 332, vinterhvede.



Figur 3. NDVI-biomassemålinger, droneoptagelse for dele af mark 332, vinterhvede.



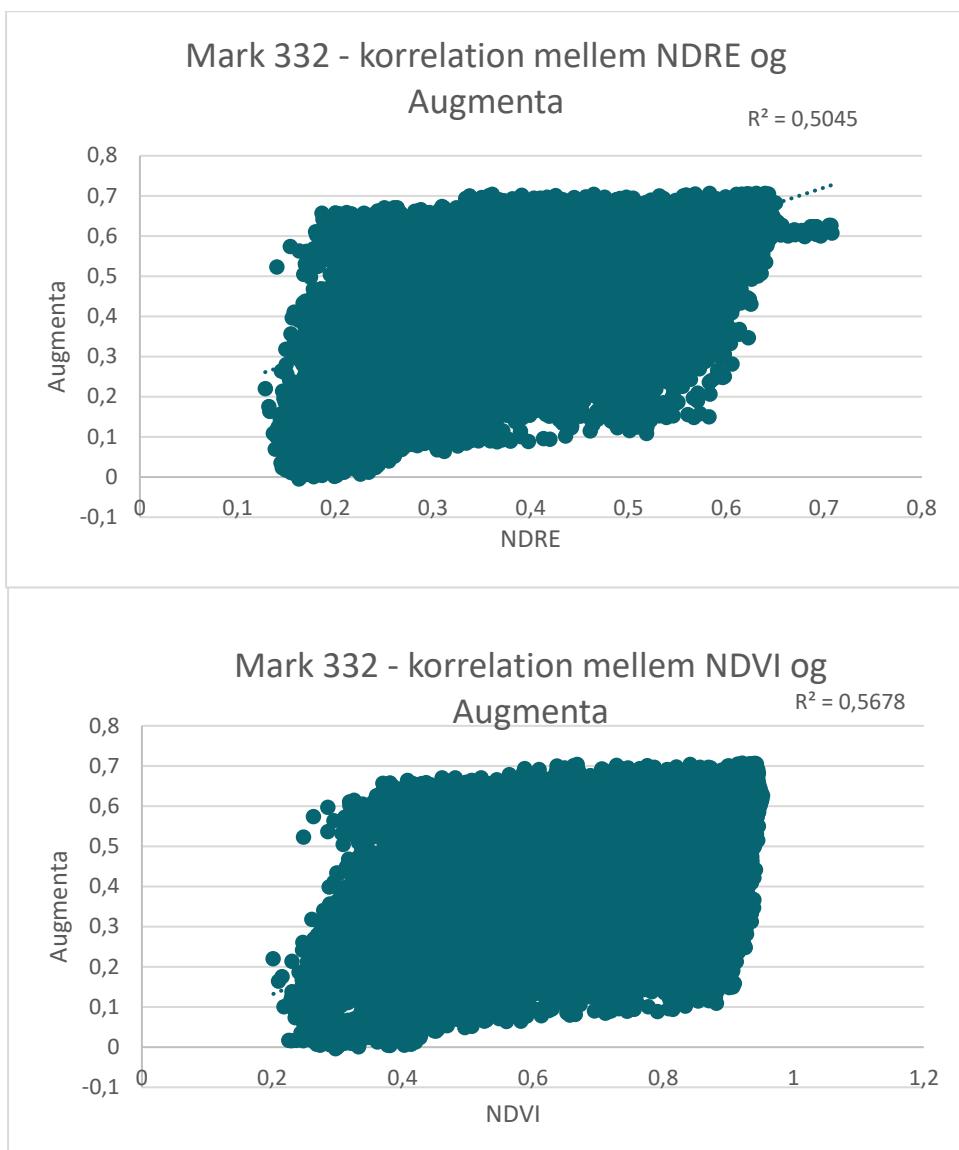
Figur 4. Augmenta-biomassemålinger, AUG-indeks for majsmark.



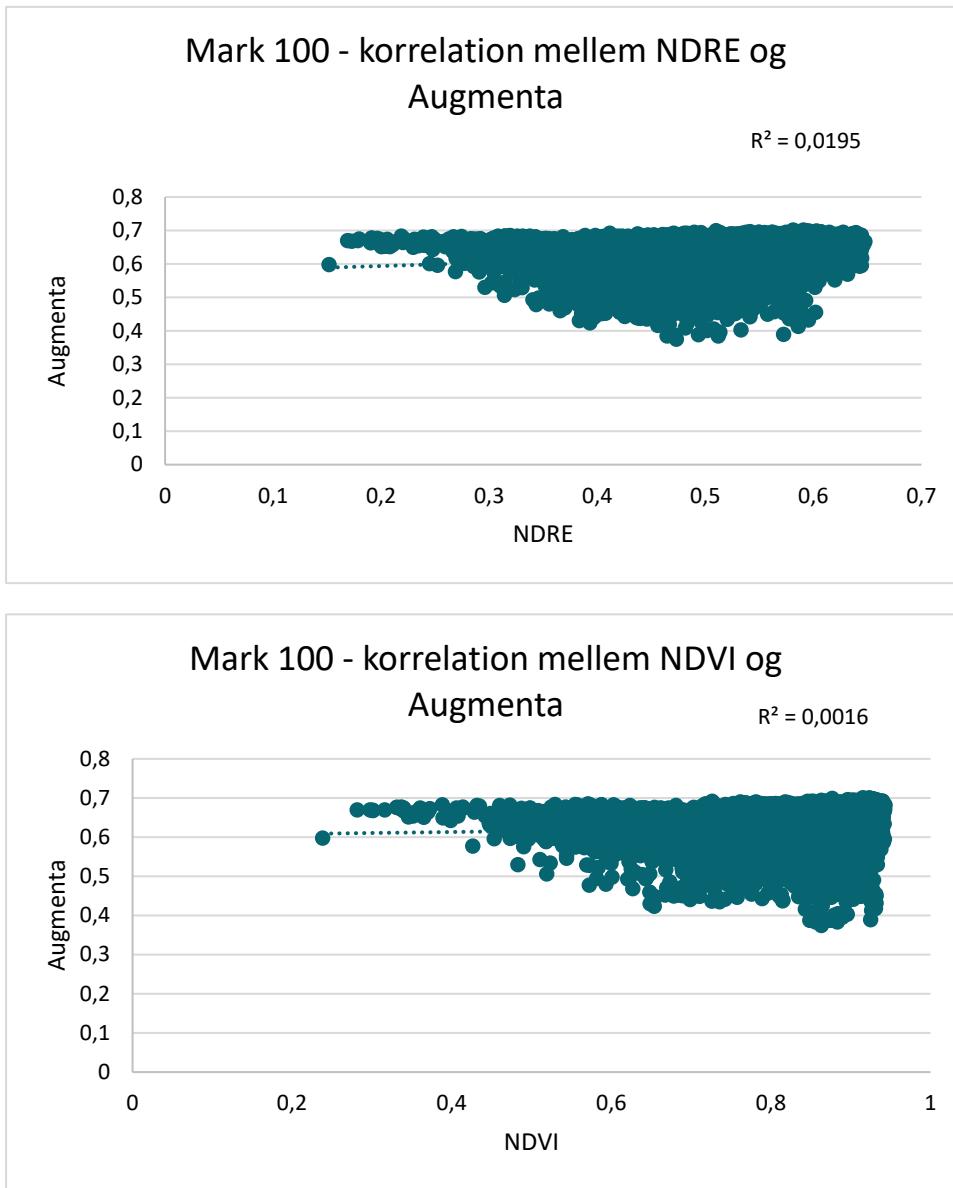
Figur 5. NDVI-biomassemålinger, droneoptagelse af majsmark.

3.1 Sammenligning af indeks

NDRE- og NDVI-indeks er normalt gode til at beskrive den grønne biomasse i marker og forskelligheder i biomasseniveauer indenfor marker, derfor var det overraskende, at der blev fundet en meget dårlige korrelation mellem Augmenta-data og NDRE/NDVI-data fra droneoptagelser i de to analyserede marker, se figur 6 og 7.



Figur 6. Korrelation mellem dels NDRE-indeks (øverst) og dels NDVI-indeks (nederst) og Augmenta indeks (AUG-indeks) i mark 332.



Figur 7. Korrelation mellem dels NDRE-indeks (øverst) og dels NDVI-indeks (nederst) og Augmenta indeks (AUG-indeks) i mark 100.

Augmenta har sideløbende med vores tests også selv lavet sammenligninger mellem biomasseindeks som NDVI/NDRE og Augmenta-billeder i andre lande, og har heller ikke fundet en god korrelation. De arbejdede også på at undersøge, om transformation af data kan forbedre korrelationen.

Det har ikke været muligt at finde gode korrelationer mellem Augmenta-indekset og NDRE eller NDVI-indeks fra droneoptagelserne i de danske testmarker. Firmaet fik de danske droneoptagelser til brug for deres sammenligninger. De har efterfølgende lavet sammenligning af AUG-indeks med bl.a. NDVI, men ikke af NDRE, se bilag 1. Deres konklusion er, at der ikke nødvendigvis kan findes en direkte sammenhæng mellem Augmenta og NDVI indekset, fordi kameraet kigger ind på afgrøden fra en anden vinkel end dronen gør. Desuden konkluderer de også at det generelt kan være meget svært at sammenligne biomassedata fra de samme marker optaget med forskellige eller endda ens teknologier, også selvom der er meget tæt tidsmæssigt sammenfald på optagelserne.

3.2 Afprøvning af algoritmer til graduering

Augmenta har ikke lavet algoritmer til brug for planteværnsmidler under danske forhold. De algoritmer, der foreligger, er udviklet til bomuldsproduktion bomuld og kører i et meget større spænd på væskemængderne end vi bruger i Danmark.

Firmaet leverede en fil til gradueret tildeling af vækstreguleringsmidler i en mark, men der var problemer med at udføre gradueringen da det skulle udføres, så denne algoritme blev ikke anvendt.

Kameraet, der blev anvendt i Danmark i foråret 2021, var på det tidspunkt den seneste nye kameraløsning fra firmaet. Efter sæsonen 2021 siger firmaet, at de har lavet yderligere forbedringer på kameraet, så dem der vælger at afprøve produktet i 2022, får det nyeste kamera stillet til rådighed.

3.3 Driftsleders feedback på montage og afprøvning af kamera

Driftsleder Mads Lindermann fortæller, at det tog en dag at få monteret Augmenta kameraet og få det taget i brug. Herefter har selve kameraet fungeret fint. Brdr. Toft - Sprøjtespecialisten har udført montage og opstart af igangsætning. Selvom det kører relativt nemt, er der alligevel brugt lang tid hos Klitgaard Agro på at arbejde med systemet.

Kamera og graduering

Driftslederen oplever at kameraet kan se de forskelle, der er i marken. Der er udslag ved spor og pletter i marken. Kameraet er udfordret om aftenen, f.eks. når man kører på et tidspunkt lige inden man skal have arbejdslys på, eller hvis der køres i skygge.

Der er én gang forsøgt at køre gradueret tildeling, men det kunne ikke lykkedes med John Deere, formentlig fordi der var punkter med 0-tildeling. Der skal vælges minimum og maksimum doseringer, da algoritmerne er tilpasset andre doseringer.

Fordele og ulemper ved kamerateknologien

Driftslederen udtales, at hvis ellers der er gode anvendelige algoritmer, så er det meget nemt at starte en graduering, og han ser det som en fordel med "on-the-go"-løsning i forhold til satellitbilleder som ikke altid er til stede i fra en nylig dato, når der skal sprøjtes.

Der er behov for at kunne sprøjte 16-20 timer i døgnet i perioder, siger Mads Lindermann. Derfor er det et problem, at der ikke kan køres aften og nat. Nye teknologier kan pludselig give problemer, og der er ikke altid hjælp at hente f.eks. kl. 23 om aftenen når man holder ude i marken med behov for hjælp.

4 KONKLUSION

Montering, igangsætning og tænd/sluk af Augmenta-kameraet foregik ret enkelt og nemt. Real-time kameraløsninger til graduering eller pletsprøjtning har den fordel at kameraet altid er parat til at optage billeder, modsat satellitbilleder af NDRE/NDVI som ikke kan optages i overskyet vejr, og dronebilleder, hvor dronen også først skal ud at flyve. Det blev dog konstateret, at kameraet ikke kunne optage billeder i mørke og ved lave lysniveauer i skumring og morgengry.

Det har ikke været muligt at finde en egentlig korrelation mellem Augmenta-indekset og NDRE eller NDVI-indeks fra droneoptagelserne i de danske testmarker. Firmaet Augmenta fortalte at de heller ikke har fundet en korrelation i andre situationer i andre lande hvor de havde lavet analyser i 2021, derfor fik Augmenta de danske droneoptagelser til brug for deres sammenligninger. Deres konklusion er, at der ikke nødvendigvis kan findes en direkte sammenhæng mellem Augmenta og NDVI indekset, fordi kameraet kigger ind på afgrøden fra en anden vinkel end dronen gør.

Augmenta kameraløsningen er ikke umiddelbart implementerbart til udbringning af planteværnsmidler i Danmark, da der ikke er udviklet egnede algoritmer til relevante planteværnsopgaver. Den manglende korrelation mellem AUG-indeks og kendte biomasseindeks tyder på, at Augmenta optagelser måske kan være svære at tilpasse til planteværnsopgaver, da det normalvis er forskelle i biomasseniveauet der danner grundlag for graduering og pletsprøjtning. Skal AUG-indekset anvendes som grundlag for planteværnsopgaver, kræver det nærmere undersøgelser. Augmenta-kamerasystemet er ikke et færdigudviklet produkt til direkte implementering hos landmanden, men er et nyt system under udvikling.

Bilag 1

Agreement between devices

December, 2021

Authors:

Stathis Antoniou, PhD
Data Science Lead

Christina Vogiatzi, PhD
Agronomy Lead

Data extraction

The UAV-acquired multispectral images were stitched together using Pix4D software (Pix4D S.A., Prilly, Switzerland) through the 'Ag Multispectral' photogrammetry model pipeline. The generated NIR, Red and NDVI orthophotos were inserted to QGIS 3.20 software and clipped to the fields' boundaries, using the 'Clip raster by mask layer' tool. Then the orthophotos were resampled with the 'r.resample' tool, which uses nearest neighbors resampling technique. The 'Field 100' was resampled with cellsize 0.6m (initial cellsize 0.10m). From both fields, point shapefiles were generated, through the 'Raster to pixel points' tool for each orthophoto (NIR, Red, NDVI).

In the Augmenta system the data is automatically logged at a rate of 30 frames per second. The data from the respective log was used to calculate statistics regarding the Red channel, the NIR channel, and the AUG_Index (NDVI based index).

Map Matching Process

Latitude and longitude were converted into Cartesian coordinates (3D). The augmenta's data was set as reference path and drone data as secondary path. For every point of the reference path, a 5.40m radius circle was created. The AUG_Index of this point equals the average AUG_Index of its neighboring points within this radius. Similarly, the corresponding Drone ndvi value is the average Drone ndvi of all neighboring points from the secondary path within the same radius. The average was computed using the Inverse Weighted Distance.

Results

Summary of the data extracted from the drone data is presented on Table1 and respective histograms of the Red_channel, the NIR_channel and the NDVI values are shown in Figure 1.

Table 1. Summary of statistics regarding the data gathered by the drone in Field 100, 14th of May Denmark 2021.

	Red_channel	NIR_channel	NDVI
count	370885	370885	370885
mean	0.032028	0.537413	0.881984
std	0.014138	0.105483	0.064388
min	0.012948	0.128084	0.155099
25%	0.025327	0.46874	0.876903
50%	0.028569	0.53854	0.900245
75%	0.033261	0.607152	0.914482
max	0.324595	1.202235	0.954699

Notably the mean NDVI value is 0.88, which is particularly high given the crop stage (Figure 2 bottom), and 75% of NDVI values is between 0.87 and 0.95, which gives a relatively narrow NDVI range of 0.08.

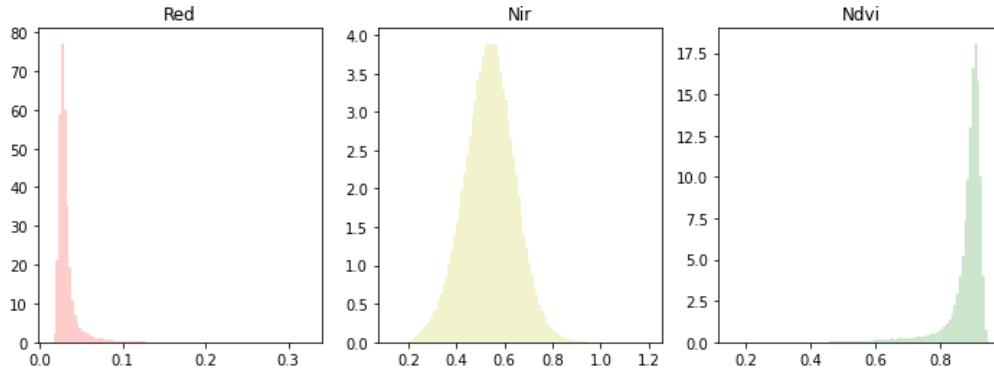


Figure 1. Histogram of Red channel (left), Nir channel (middle) and Ndvi (right) frequencies of raw data logged by drone in Field 100, 14th of May Denmark 2021.

A summary of the data logged by Augmenta system is presented on Table2 and respective histograms of the Red_channel, the NIR_channel and the AUG_Index values are shown in Figure 2.

Table 2. Summary of statistics regarding the data logged by Augmenta System in Field 100, 14th of May Denmark 2021.

	IR_channel	Red_channel	AUG_Index
count	66348	66348	66348
mean	167.7185	113.286	0.638734
std	11.21743	4.168586	0.050705
min	0	0	-0.05292
25%	161.2601	111.2842	0.62821
50%	167.7057	113.0949	0.6473
75%	174.1812	114.8456	0.66448
max	198.5477	160.9569	0.740001

In the Augmenta System case the mean AUG_Index value is 0.64, which is more descriptive of the crop stage as shown in Figure 2 (bottom) and 75% of NDVI values is between 0.62 and 0.74, which gives a relatively wider Vegetation Index (AUG_Index) range of 0.12.

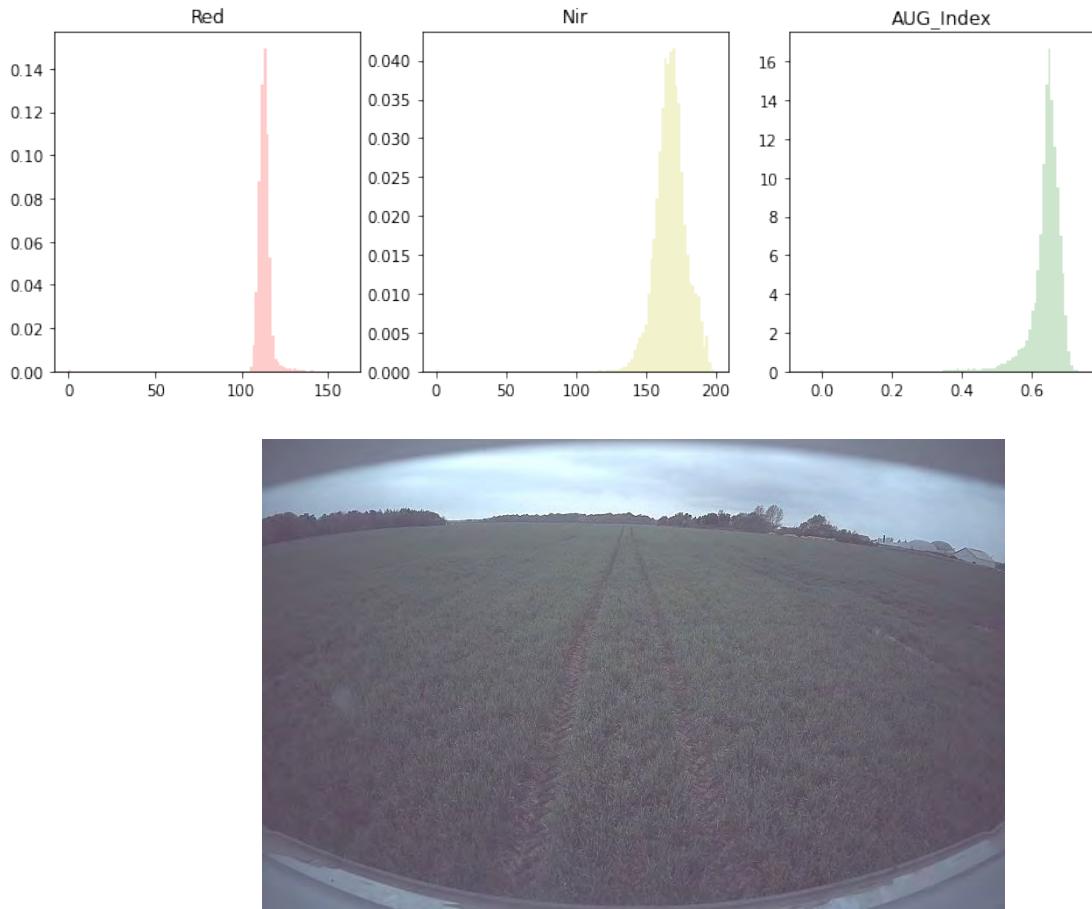


Figure 2. Histogram of Red channel (left), Nir channel (middle) and AUG_Index (right) frequencies of raw data and high resolution (4K) snapshot (bottom) logged by Augmenta system.

Points of the two sessions that matched are shown in Figure 3.

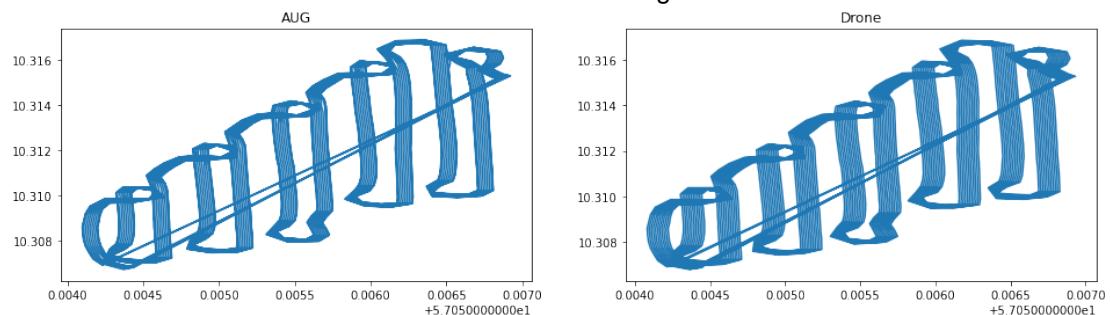


Figure 3. Points of sessions performed in Field 100 on the 14th of May by Augmenta (left) and drone (right) that were included in further analysis, Denmark 2020.

Figure 4 shows the matched data from the Aug_Index are plotted versus the respective drone NDVI. Their correlation is $r^2=0.6$.

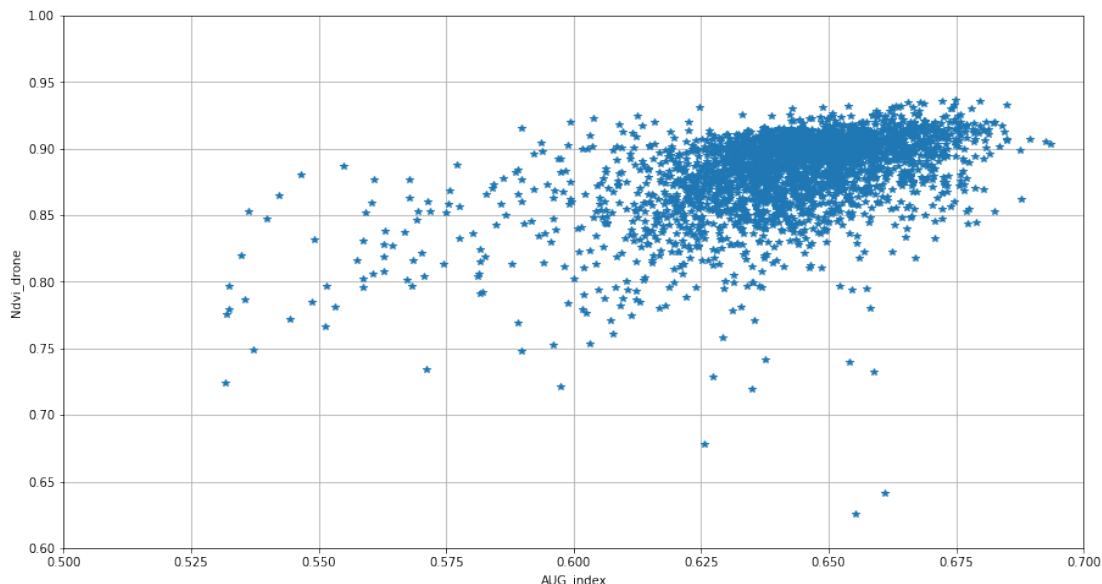


Figure 4. Correlation of matched points from NDVI and AUG Index of respective sessions carried on wheat field "Field 100" on the 14th of May, Denmark 2020.

Discussion

Agreement between Vegetation Index maps from different devices is quite a complex problem. With the current approach, the correlation between the data gathered is modest with $r^2=0.60$, see Figure 4. Such correlation is quite high given the multiple potential sources of error imposed. Remote sensing data sets notably differentiate depending on the type of sensor, the sensor technology and the platform utilized.

Sensors with differences in band widths, spatial resolutions, and data processing might result in NDVI trends that diverge substantially (Huang et al. 2021). Previous research (Franke et al. 2006) showed significant NDVI differences between Landsat 5TM, QuickBird and SPOT5 utilising a hyperspectral dataset. The differences observed were directly attributed to band spectral characteristics. Both sensors used in this project, the drone, and Augmenta System, use IR and Red bandwidths for the calculation of the Vegetation Index (NDVI). However, the specific bands and bandwidths are to be taken into consideration for further evaluation. Moreover, the dynamic range and the cmos responses of the cameras are to be taken into consideration to deem feasible a comparison between the NDVI-based indexes calculated by the two systems.

Apart from the sensor-specific spatial and spectral resolutions, research carried out by Rossi et al. (2019) found that NDVI inconsistencies among Spectral Reflectance Sensors (SRS), Phenocams, and Sentinel-2 MSI depended to a large extend on the acquisition geometries as well. A UAV gathers data as a layout, but Augmenta system mounted on top of a tractor perceives the field from a 12° angle. Thus, the difference of the data acquisition geometry is another important parameter attributing part of the differences observed between the two datasets.

Another point to be taken into consideration is that data gathered by commercial multi-spectral NDVI capable sensors may involve substantial geometric and radiometric errors that need to be reduced through a calibration process. However, research on the field has shown that such a calibration is not a straightforward process (Guo et al. 2019; Poncet et al. 2019; Deng et al. 2018; Jhan et al. 2018; Wierzbicki 2018). A general technique for the characterization and calibration of spectral sensors for UAV was developed by Mamaghani and Salvaggio (2019), while Wang et al (2020) came up with a method based on Machine Learning that might result in a more precise estimation of the NDVI. All the aforementioned parameters are to be taken into consideration for a more solid approach regarding the agreement between devices problem, which should be the subject of an extensive dedicated project.

Concluding remarks

Remote sensing has a significant impact on how the land resources are viewed, used, and managed via the utilization of vegetation indices such as the NDVI, which are linked to vegetative health, patterns, and overall

crop condition. However, for the NDVI to be effectively used the quality of multispectral data and the interpretation of NDVI values is of paramount importance. Given that no two remote sensing images or NDVI products are the same (Huang et al. 2021) no reference data is currently available for extensive validation of NDVI data utilizing conventional accuracy assessment methods (Shao et al. 2019). If NDVI behaviors are to be explained, sophisticated science and technology are to be implemented utilizing data obtained with reliable sensors and data processing methods.

References

- Deng, L., Mao, Z., Li, X., Hu, Z., Duan, F., & Yan, Y. (2018). UAV-based multispectral remote sensing for precision agriculture: A comparison between different cameras. *ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing*, 146, 124-136.
- Franke, J., Heinzel, V., & Menz, G. (2006, July). Assessment of ndvi-differences caused by sensor specific relative spectral response functions. In *2006 IEEE International Symposium on Geoscience and Remote Sensing* (pp. 1138-1141). IEEE.
- Guo, Y., Senthilnath, J., Wu, W., Zhang, X., Zeng, Z., & Huang, H. (2019). Radiometric calibration for multispectral camera of different imaging conditions mounted on a UAV platform. *Sustainability*, 11(4), 978.
- Huang, S., Tang, L., Hupy, J. P., Wang, Y., & Shao, G. (2021). A commentary review on the use of normalized difference vegetation index (NDVI) in the era of popular remote sensing. *Journal of Forestry Research*, 32, 1-6.
- Jhan, J. P., Rau, J. Y., & Haala, N. (2018). Robust and adaptive band-to-band image transform of UAS miniature multi-lens multispectral camera. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 137, 47-60.
- Mamaghani, B., & Salvaggio, C. (2019). Multispectral sensor calibration and characterization for sUAS remote sensing. *Sensors*, 19(20), 4453.
- Poncet, A. M., Knappenberger, T., Brodbeck, C., Fogle, M., Shaw, J. N., & Ortiz, B. V. (2019). Multispectral UAS data accuracy for different radiometric calibration methods. *Remote Sensing*, 11(16), 1917.
- Rossi, M., Niedrist, G., Asam, S., Tonon, G., Tomelleri, E., & Zebisch, M. (2019). A comparison of the signal from diverse optical sensors for monitoring alpine grassland dynamics. *Remote Sensing*, 11(3), 296.
- Shao, G., Tang, L., & Liao, J. (2019). Overselling overall map accuracy misinforms about research reliability. *Landscape Ecology*, 34(11), 2487-2492.
- Wang, L., Duan, Y., Zhang, L., Rehman, T. U., Ma, D., & Jin, J. (2020). Precise Estimation of NDVI with a Simple NIR Sensitive RGB Camera and Machine Learning Methods for Corn Plants. *Sensors*, 20(11), 3208.
- Wierzbicki, D. (2018). Multi-camera imaging system for UAV photogrammetry. *Sensors*, 18(8), 2433.

ON-THE-GO SPRØJTNING VED HJÆLP AF FRONTMONTERET
MULTISPEKTRALT KAMERA
Projekt i Partnerskabet for præcisionssprøjtning - Miljøstyrelsen
er udgivet af

Landbrug & Fødevarer F.m.b.A.

SEGES

Agro Food Park 15
8200 Aarhus N

8740 5000
seges.dk

FORFATTERE

Marian Damsgaard Thorsted, Plante- og MiljøInnovation
Rita Hørfarter, Plante- og MiljøInnovation
Jens Erik Jensen, Plante- og MiljøInnovation
Finn Søndergaard, Brdr. Toft - Sprøjtespecialisten A/S
Henning Sjørslev Lyngvig, Plante- og MiljøInnovation

REDAKTØR

Marian Damsgaard Thorsted, Plante- og MiljøInnovation

FOTOS

Finn Søndergaard, Brdr. Toft - Sprøjtespecialisten A/S

December 2021