

Omregningsfaktor fra NDVI og NDRE til kg N optag/ha

Rådgivningsnotat fra DCA – National Center for Fødevarer og Jordbrug

René Gislum¹, Niels Holst¹, Anders K. Mortensen², René Larsen¹, Mathias N. Andersen¹, Ingrid K. Thomsen¹ og Elly M. Hansen¹

¹Institut for Agroøkologi, Aarhus Universitet

²Institut for Elektro- og Computerteknologi, Aarhus Universitet



Datablad

Titel:	Omregningsfaktor fra NDVI og NDRE til kg N optag/ha
Forfatter(e):	Lektor René Gislum, Institut for Agroøkologi, Seniorforsker Elly M. Hansen, Institut for Agroøkologi, Akademisk medarbejder René Larsen, Institut for Agroøkologi, Professor Mathias N. Andersen, Institut for Agroøkologi, Seniorforsker Ingrid K. Thomsen, Institut for Agroøkologi, Seniorforsker Niels Holst, Institut for Agroøkologi og adjunkt Anders K. Mortensen, Institut for Elektro- og Computerteknologi.
Fagfællebedømmelse:	Professor Jørgen Eriksen, Institut for Agroøkologi, AU
Kvalitetssikring, DCA:	Specialkonsulent Susanne Hansen, DCA Centerenheden
Rekvirent:	Landbrugsstyrelsen, Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri (FVM)
Dato for bestilling/levering:	30.06.2022 / 19.09.2022
Journalnummer:	2022-0389751
Finansiering:	Besvarelsen er udarbejdet som led i "Rammeaftale om forskningsbaseret myndighedsbetjening" indgået mellem Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri (FVM) og Aarhus Universitet under ID nr. 5.24 i "Ydelsesaftale Planteproduktion 2022-2025".
Ekstern kommentering:	Nej.
Eksterne bidrag:	Nej.
Kommentarer til besvarelse:	Notatet præsenterer resultater, som ved notatets udgivelse ikke har været i eksternt peer review eller er publiceret andre steder. Ved en evt. senere publicering i tidsskrifter med eksternt peer review vil der derfor kunne forekomme ændringer.
Citeres som:	Gislum R, Hansen EM, Larsen R, Andersen MN, Thomsen IK, Holst N, Mortensen AK. 2022. Omregningsfaktor fra NDVI og NDRE til kg N optag/ha. 9 sider. Rådgivningsnotat fra DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Aarhus Universitet, leveret: 19.09.22.
Rådgivning fra DCA:	Læs mere på https://dca.au.dk/raadgivning/

Baggrund

Landbrugsstyrelsen (LBST) har i en bestilling sendt 30. juni 2022 til DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug ved Aarhus Universitet (AU) ønsket at få estimeret omregningsfaktorer fra NDVI og NDRE til kg kvælstof (N) optag/ha. LBST ønsker, at kg N optag/ha i besvarelsen udtrykkes som funktion af NDVI og af NDRE.

I bestillingen bliver AU yderligere bedt om at beskrive hvilke forudsætninger, der ligger til grund for omregningsfaktorerne samt under hvilke omstændigheder, estimatet kan forventes at være retvisende. Endvidere ønskes en diskussion af, hvilke begrænsninger, der er forbundet med anvendelsen af estimatet i en dansk kontekst for efterårsbevoksning på landbrugsjord.

Besvarelse

1.1 Omregningsfaktorer fra NDVI og NDRE til kg N optag per hektar

I bestemmelsen af omregningsfaktorerne fra NDVI og NDRE til kg N/ha er anvendt 776 sammenhørende observationer fra 98 måledage med målinger fra 9. juni 2015 til 20. oktober 2020 med langt størstedelen af observationerne fra oktober måned. Der var ingen målinger i 2019. Sensormålingerne er foretaget med tre forskellige sensorsystemer: RapidScan (Holland Scientific, Lincoln, NE, USA), RedEdge (MicaSense, AgEagle Sensor Systems Inc, Seattle, WA, USA) eller Sequoia (Parrot, Paris, France). RapidScan er et håndholdt sensorsystem, hvorimod RedEdge og Sequoia er multispektrale kameraer monteret på en drone. Der var 164 observationer med RapidScan, 416 observationer med Sequoia kameraet og 196 med RedEdge kameraet. NDVI og NDRE er efterfølgende beregnet for alle tre sensorsystemer. I forbindelse med sensormålingerne er der udtaget en planteprove, som er analyseret for biomasse og N-koncentration. Efterfølgende er kg N optaget i afgrøden pr. ha beregnet.

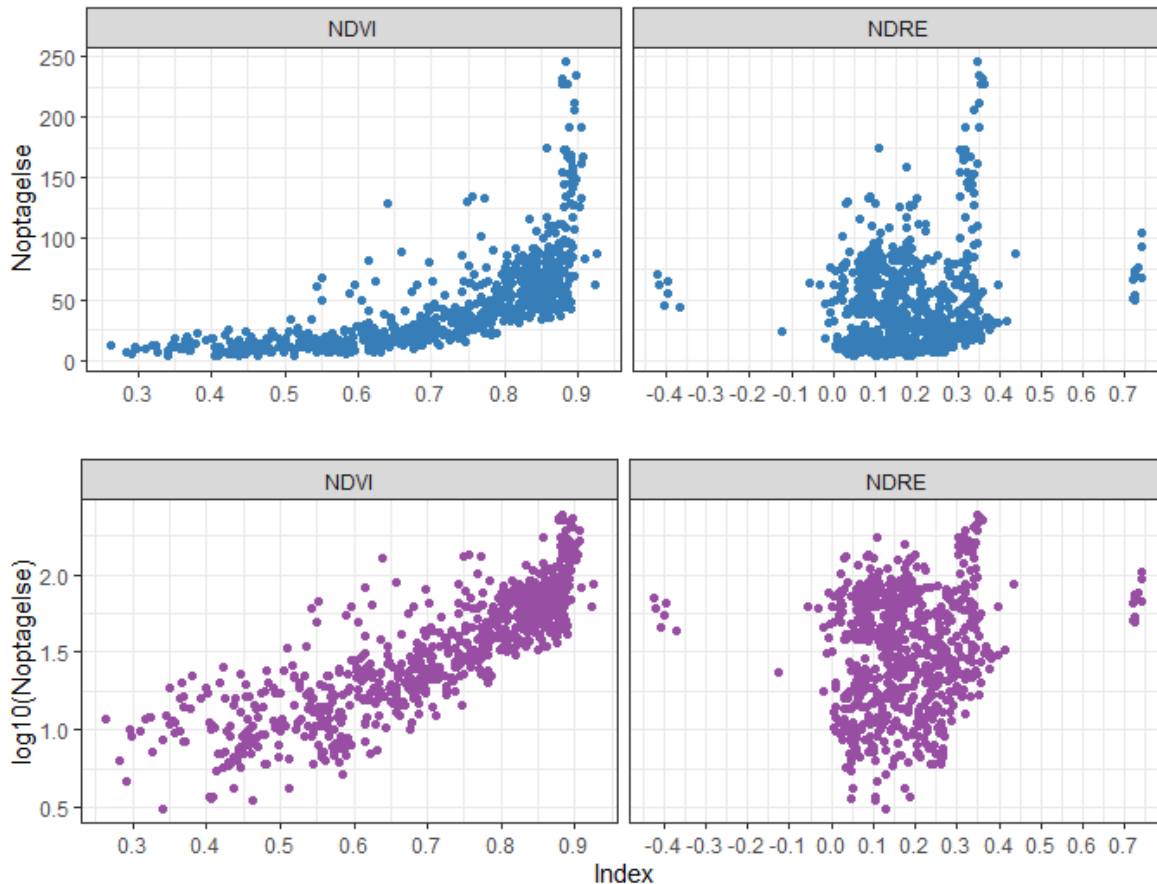
Et plot af rådata viser, at det kun er NDVI, som er anvendelig som prædikator for N-optagelsen (figur 1). Logaritmering af y-aksen mindsker den høje spredning ved høje NDVI-værdier og giver en større spredning ved lave NDVI-værdier.

Formen på punktskyen (figur 1, nederst til venstre) antyder, at en parabel vil kunne beskrive de logaritmerede data. Vi bruger derfor regressionsligningen:

$$\ln(y) = ax^2 + bx + c$$

hvor y betegner N-optagelsen (kg N/ha) og x er NDVI.

En inspektion af residualerne førte til, at kun observationer med $NDVI < 0,85$ indgik i regressionsmodellen ($n = 605$).



Figur 1. N-optagelse (kg N/ha) (lineært øverst, logaritmeret nederst) som funktion af NDVI og NDRE. I alt 776 observationer i hver delfigur.

Modellen beskrev sammenhængen og lige godt for alle tre sensorsystemer (figur 2). Regressionskurvens formel er:

$$y = \exp(6,692x^2 - 4,008x + 2,800)$$

Sensorsystemet kunne ikke indgå i modellen til en formel analyse af dens eventuelle betydning, fordi systemets og markernes geografiske placering var konfunderede, da RapidScan og RedEdge sensorsystemerne kun blev anvendt på en lokalitet.

Ud over regressionskurven, som udtrykker den forventede, gennemsnitlige prædiktion, estimerede vi desuden den nedre 10%-prædiktionsgrænse (figur 2 nederst):

$$y = \exp(6,606x^2 - 3,897x + 2,202)$$

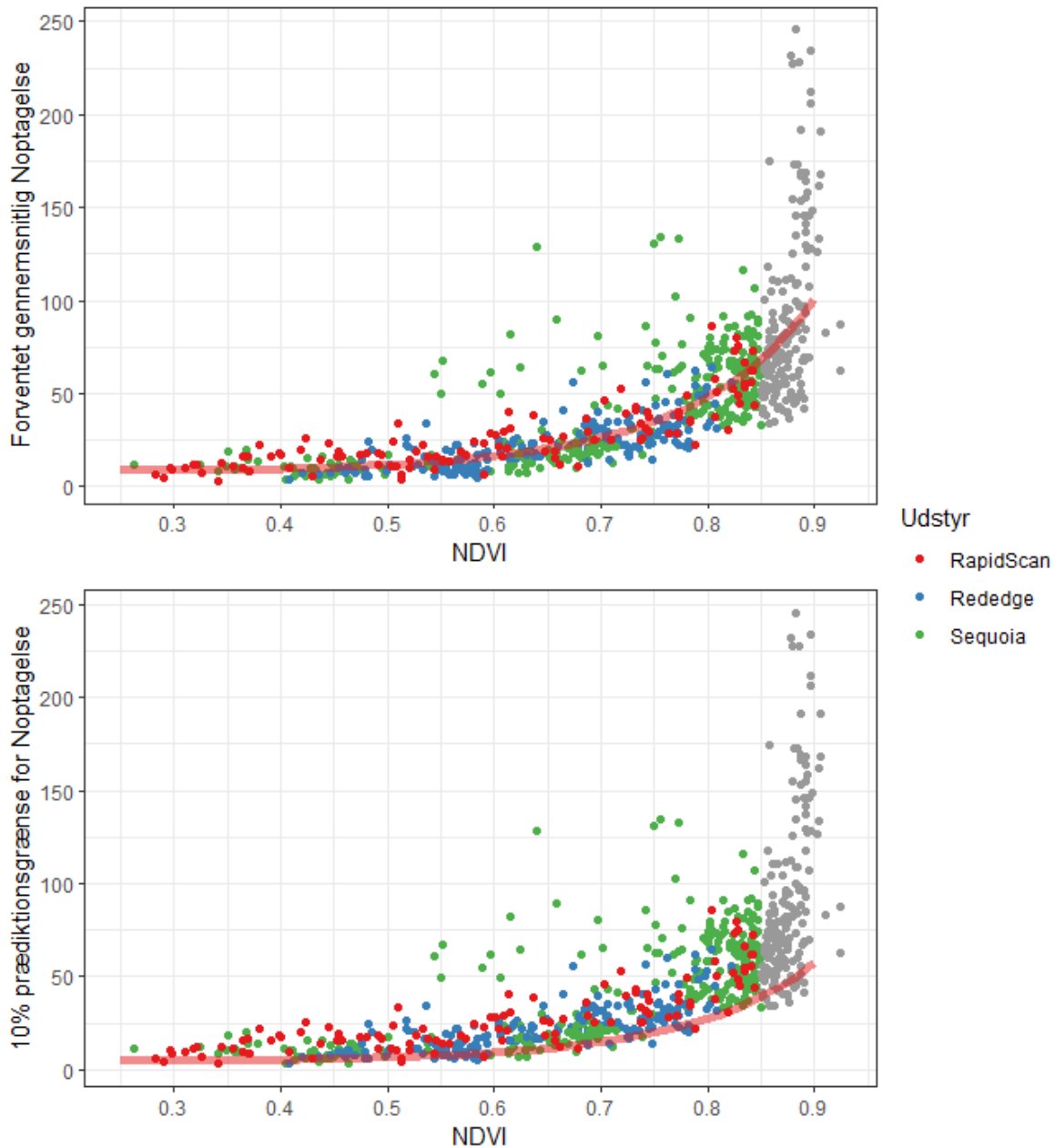
Hvis man for eksempel har målt NDVI = 0,5, så er den forventede, gennemsnitlige N optagelse:

$$\exp(6,692 \cdot 0,5^2 - 4,008 \cdot 0,5 + 2,800) = 11,8 \text{ kg N/ha}$$

og den nedre 10% prædiktionsgrænse er:

$$\exp(6,606 \cdot 0,5^2 - 3,897 \cdot 0,5 + 2,202) = 6,72 \text{ kg N/ha}$$

Det vil sige, at i 9 ud af 10 tilfælde vil N-optagelse være mindst 6,72 kg N/ha, hvis NDVI = 0,5, og man kan forvente, at i gennemsnit vil den være 11,8 kg N/ha.



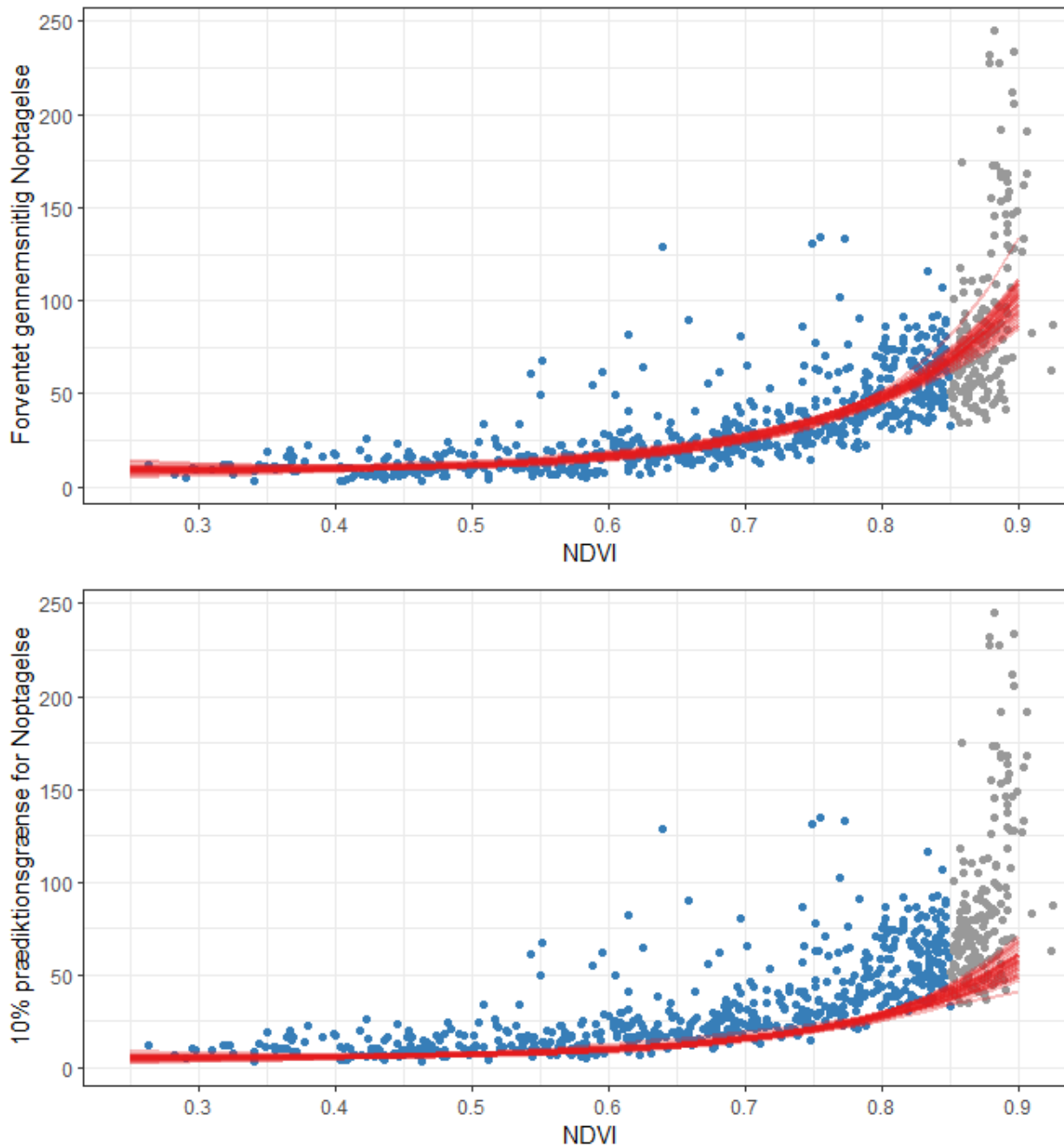
Figur 2. Regressionsmodel for alle data med NDVI < 0,85. Punkter med NDVI \geq 0,85 er vist i gråt. Øvrige punkter er farvet efter sensorsystem. Den røde kurve viser regressionskurven (øverst) og den nedre 10% prædiktionsgrænse (nederst).

Til at beregne modellens robusthed anvendtes bootstrap-metoden: Fra de $N=98$ måledage blev der tilfældigt udtrukket N måledage med tilbagelægning. Dette sidste betyder, at en måledag kunne blive udtrukket flere gange, hvilket er en del af bootstrap-metodens princip. For hver måledag var der i det oprindelige datasæt n gentagne målinger. Der blev da for hver af de udtrukne

måledage udtrukket n målinger, igen tilfældigt og med tilbagelægning. Resultatet af denne to-trins bootstrap-procedure blev et nyt, syntetisk bootstrap-datasæt. Dette bootstrap-datasæt blev brugt som input til regressionsmodellen, ligesom for den oprindelige analyse.

Bootstrap-proceduren med efterfølgende regression blev gentaget 30 gange, hvilket gav 30 estimater af kurverne svarende til den oprindelige regressionsanalyse (figur 3). Kurverne ligger ganske tæt, hvilket viser, at der er en robust sammenhæng mellem datasættet og modellen. Usikkerheden vokser tydeligt ved ekstrapolation ud over $NDVI=0,85$.

Vi konkluderer derfor, at der er en robust sammenhæng mellem datasættet og den udviklede model, men usikkerheden stiger betragteligt ved ekstrapolation ud over $NDVI=0,85$.

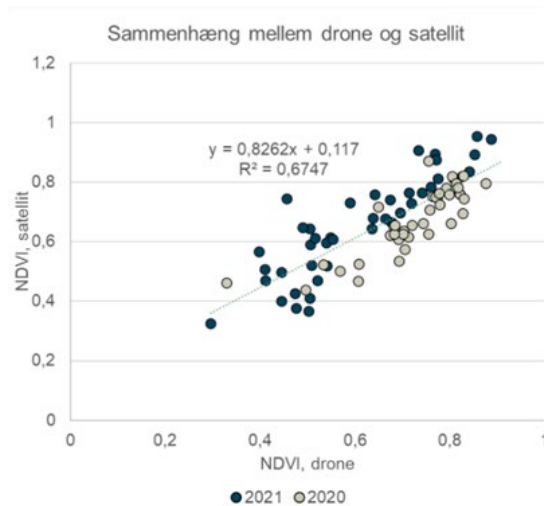


Figur 3. Resultatet af 30 gentagne bootstrap-estimer af responskurven for N optagelse (øverst) samt den nedre 10% prædiktionsgrænse (nederst). Punkterne er fra det oprindelige datasæt (også vist i figur 2). Punkter fra bootstrap-datasættene er ikke vist.

1.2 Begrænsninger for anvendelsen i en dansk kontekst

Vi fandt en robust sammenhæng mellem datasættet og modellen op til $NDVI=0,85$ hvorefter usikkerheden voksede betydeligt. Anvendelse af modellen bør derfor begrænses til $NDVI$ -værdier op til $0,85$. Den største begrænsning for anvendelse er, at de anvendte sensorsystemer i nærværende besvarelse er enten håndbårne eller monteret på en drone. Man kan derfor ikke blot overføre regressionskurvens formel fra figur 2 til et satellitbaseret sensorsystem.

I Kristensen & Knudsen (2022) har SEGES udført en sammenligning mellem $NDVI$ målt fra satellit og drone for 50 marker i årene 2020 og 2021. Det fremgår ikke, hvilken satellit- og droneplatform der er anvendt. Sammenligningen i Kristensen & Knudsen (2022) viser en moderat lineær sammenhæng mellem de to platforme ($R^2 = 0,67$) men med en tydelig forskel mellem de to år i de underliggende data (figur 4). Der er desuden en betydelig variation i den målte $NDVI$ for en platform ved en given værdi for den anden platform. F.eks., ved $NDVI = 0,5$ målt med drone varierer den målte $NDVI$ for satellit mellem $0,37$ og $0,64$. Tilsvarende ses for $NDVI = 0,5$ målt med satellit, hvor $NDVI$ målt med drone varierer mellem $0,40$ og $0,60$. Det betyder, at en model baseret på $NDVI$ værdier målt med én platform vil medføre stor usikkerhed, hvis den anvendes med $NDVI$ -værdier målt med den anden platform.



Figur 4. Sammenhæng mellem $NDVI$ -værdier målt med drone og satellit (Figur 5 i Kristensen & Knudsen, 2022).

I Gislum et al. (2021) er der foretaget en teoretisk sammenligning mellem to satellitplatforme og fem droneplatforme til beregning af $NDVI$ og $NDRE$ for en sund afgrøde. I sammenligningen ses det, at der er forskel i det beregnede afgrødeindeks for de forskellige platforme. Særligt for $NDRE$ varierer den teoretiske værdi meget mellem platformene. En mindre variation ses ved $NDVI$. Forskellen i afgrødeindeks mellem platformene skyldes forskelle i centerbølgelængde og båndbredde på de bånd i de enkelte platforme, som repræsenterer rød, rød-kant og nær-infrarød.

I en dansk kontekst kan en begrænsning være, at et ønske om et estimat så sent på året som muligt betyder, er det kan være problematisk at opnå brugbare data fra satellitter, da der på den tid af året ofte vil være overskyet.

Referencer

Gislum R, Thomsen IK, Hansen EM, Mortensen AK, Larsen R, Olesen JE. 2021. Analyser i pilotprojekt om biomasse på baggrund af data fra forsøgsår 2020. 18 sider. Rådgivningsnotat fra DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Aarhus Universitet, leveret: 3. maj 2021. https://pure.au.dk/portal/files/216287876/Levering_Analyser_i_pilotprojekt_om_biomasse_p_baggrund_af_data_fra_fors_g_s_r_2020.pdf

Kristensen NH, Knudsen L. 2022. Pilotprojekt om biomasse og efterafgrøder. Rapport fra SEGES Innovation. Februar 2022, 24 sider.