

Til Landbrugsstyrelsen

Levering på bestillingen "Markforsøg med efterafgrøder. Etableringstidspunktets betydning for dækningsgrad"

Landbrugsstyrelsen har i en bestilling sendt d. 2. maj 2018 bedt DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug – om at gennemføre forsøg med efterafgrøder med henblik på at undersøge betydningen af etableringstidspunktet for afgrødernes effekt. Der skal udarbejdes årlige afrapporteringer, og nærværende besvarelse er den årlige afrapportering fra markforsøgene i 2018.

Besvarelsen er første gang indsendt den 30. april 2019. I vedlagte besvarelse, dateret 15. maj 2019 (version 2) er værdierne i Tabel 5 opdateret. Denne besvarelse erstatter dermed den tidligere indsendte besvarelse.

Besvarelsen i form af vedlagte notat er udarbejdet af seniorforsker Ingrid K. Thomsen, seniorforsker Elly M. Hansen, akademisk medarbejder René Larsen og lektor René Gislum fra Institut for Agroøkologi ved Aarhus Universitet. Akademisk medarbejder Finn P. Vinther og professor Jørgen Eriksen fra Institut for Agroøkologi ved Aarhus Universitet har været fagfællebedømmere, og notatet er revideret i lyset af deres kommentarer.

Besvarelsen er udarbejdet som led i "Rammeaftale om forskningsbaseret myndighedsbetjening mellem Miljø- og Fødevareministeriet og Aarhus Universitet" under ID 7.21 i "Ydelsesaftale Planteproduktion 2019-2022".

Venlig hilsen

Lene Hegelund
Specialkonsulent, DCA-centerenheden



Markforsøg med efterafgrøder: Etablerings- tidspunktets betydning for dækningsgrad

Af Ingrid K. Thomsen, Elly M. Hansen, René Larsen og René Gislum, Institut for Agroøkologi, AU

Baggrund

I bestilling fremsendt af Landbrugsstyrelsen (LBST) 2. maj 2018 til DCA (Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug) ved Aarhus Universitet (AU) blev AU bedt om at igangsætte forsøg med efterafgrøder til belysning af bl.a. betydningen af efterafgrøders etableringstidspunkt i forhold til deres udvaskningsreducerende effekt. Det var ønsket, at olieræddike, honningurt og havre så vidt muligt blev sået på følgende tidspunkter: 10. august, 20. august, 30. august og 7. september.

I bestillingen bad LBST bl.a. AU om at vurdere dækningsgraden af de etablerede efterafgrøder, således at LBST ville kunne kontrollere efterafgrøderne med udgangspunkt i differentierede versioner af den såkaldte "trappemodell" alt efter, hvornår efterafgrøderne blev sået. Det skulle ses i sammenhæng med, at der vil skulle kompenseres for en manglende effekt af efterafgrøderne på anden vis, og at kravene til efterafgrødernes dækningsgrad derfor måtte forventes at skulle være mere lempelige. LBST bad i den forbindelse AU om at frembringe billeder og præsentere forslag til inddeling af trappemodellen for hvert af de undersøgte etableringstidspunkter med udgangspunkt i, at en kontrol af arealer med efterafgrøder skulle kunne påbegyndes den 16. september.

I forbindelse med bestillingen fra LBST er der indtil videre udarbejdet to notater. Første notat var Markforsøg med efterafgrøder. Etableringstidspunktets betydning for effekt, dækningsgrad og eftervirkning – foreløbig afrapportering (Hansen & Thomsen, 2019). Efter henvendelse fra LBST 15. marts 2019 blev beregningen af kvotereduktion, som blev gennemført i Hansen & Thomsen (2019), genberegnet med udgangspunkt i andre såtidspunkter end dem, der oprindeligt var blev angivet i bestillingen. Resultaterne af de nye beregninger er beskrevet i notatet Opfølgende bestilling til foreløbig afrapportering af markforsøg: kvotereduktion ved sen etablering af efterafgrøder (Thomsen & Hansen, 2019).

I Hansen & Thomsen (2019) blev der henvist til, at resultater fra påbegyndte udvaskningsmålinger 2018/19 samt billedbehandling ville blive beskrevet i en efterfølgende rapportering. Grundet tekniske problemer med de installerede sugeceller har det ikke været muligt at opnå tilstrækkeligt med jordvandsprøver til en meningsfuld sammenligning af udvaskningen fra efterafgrødeparceller med forskellige etableringstidspunkter. Derfor er det udelukkende spørgsmålet vedr. dækningsgrader ved forskellige såtidspunkter for efterafgrøder, der besvares i det følgende.

Besvarelse

Metode

Tilgangen til beregning af dækningsgrad ved senere såning af efterafgrøder end 20. august var i korte træk følgende:

- (1) Efterafgrøder blev sået den 9., 20. og 29. august samt 6. september (faktiske såtidspunkter) og efterfølgende overfløjet med drone på syv tidspunkter til bestemmelse af dækningsgrad.
- (2) Dækningsgraden ved såning af efterafgrøder på andre datoer end de faktiske sådatoer, dvs. estimerede såtidspunkter 24., 28. august samt 7. september samt referencen 20. august blev beregnet på baggrund af målte værdier for dækningsgrad under (1) dog med udeladelse af såtidspunktet 9. august.
- (3) Forventet dækningsgrad på den midterste dag for nuværende kontrolperioder (dvs. 17., 23. og 28. september samt 4. og 13. oktober) blev bestemt på baggrund af de beregnede dækningsgrader i (2) for dronetrykninger gennemført 6. og 20. september samt 1., 21. og 24. oktober.
- (4) Dækningsgraden for såning 20. august beregnet i (3) for den midterste dag for nuværende kontrolperioder blev sat til 100, og dækningsgraderne til de øvrige såtidspunkter relateret hertil.
- (5) De nuværende trappetrin i trappemodellen blev justeret i forhold til (4).

Af ovenstående følger, at de nuværende trappetrin i trappemodellen blev fastholdt for såning 20. august, og at dækningsgraderne for senere såning er sket relativt til disse. Der er således ikke taget stilling til den nuværende trappemodells generelle gyldighed.

Forsøg og dækningsgrad

Forsøgene, som ligger til grund for nærværende og tidligere besvarelser, gennemføres på lokaliteterne Foulum og Havrisvej. I 2018 blev olieræddike, havre og honningurt sået til fire forskellige tidspunkter (9., 20. og 29. august samt 6. september) mens almindelig og italiensk rajgræs indgik med ét såtidspunkt (9. august). Disse såtidspunkter kaldes i det følgende "faktiske såtidspunkter". Forsøgene er beskrevet i Hansen & Thomsen (2019). I det følgende er der alene taget udgangspunkt i forsøget gennemført på Foulum for efterafgrøderne olieræddike, havre og honningurt. Forsøget på Havrisvej er udeladt, da resultaterne på den meget sandede jord pga. den meget omfattende tørke i 2018 er vurderet meget usikre (Hansen & Thomsen, 2019).

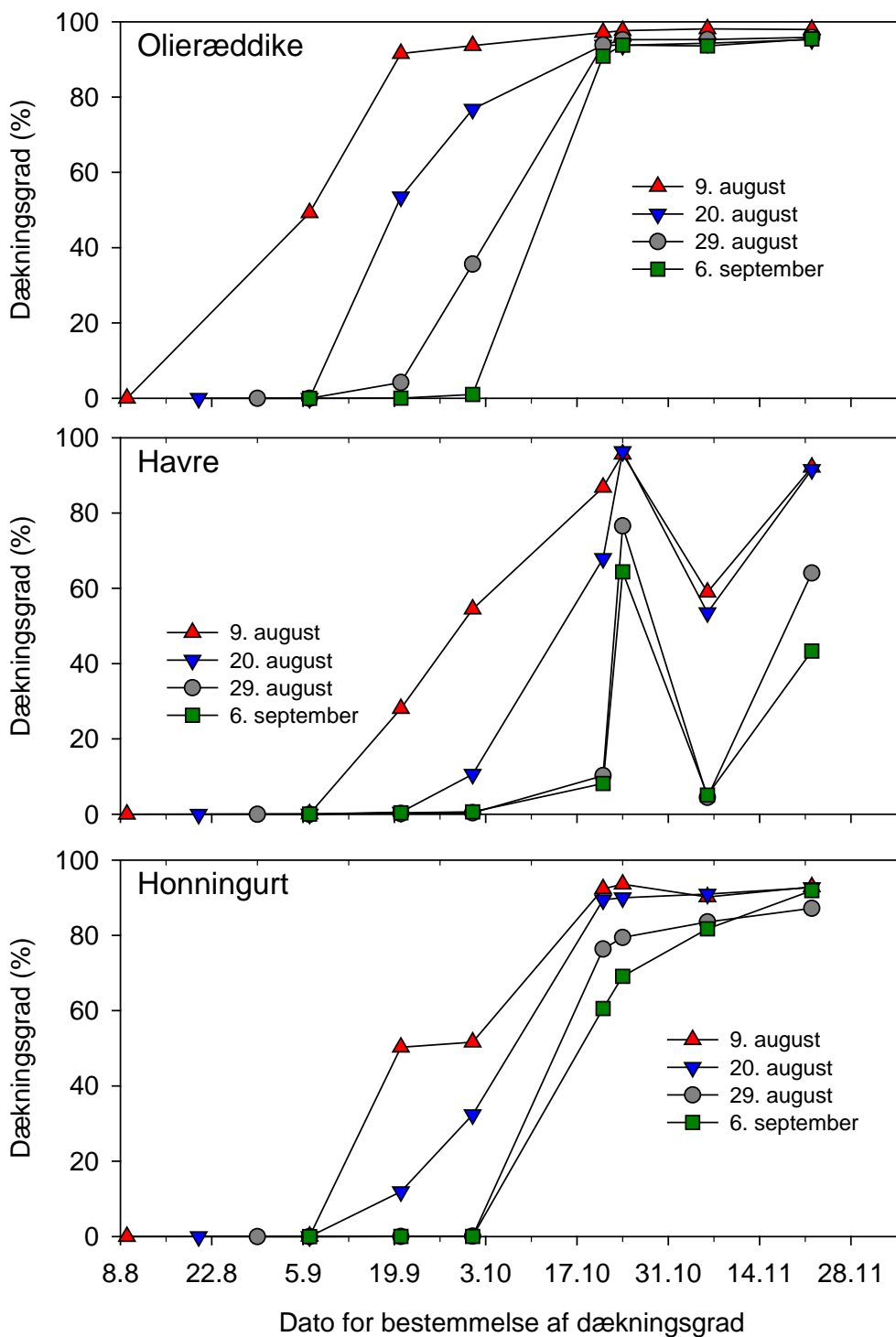
I efteråret 2018 blev dækningsgraden i hver parcel bestemt ved overflyvning med drone på syv tidspunkter: 6. og 20. september, 1., 21. og 24. oktober samt 6. og 22. november. Valg af tidspunkt var i høj grad bestemt af vejret, idet det kun er muligt at flyve med dronen i tørvejr og i let til moderat vind. Den benyttede drone var en DJI Matrice 100 quadcopter med to kameraer monteret, hhv. et standard DJI Zenmuse X3 RGB-kamera og et MicaSense RedEdge-kamera med 5 multispektrale bånd. Til bestemmelse af efterafgrødernes dækningsgrad benyttedes X3 standardkameraet, der optog almindelige farvebilleder (RGB).

Under flyvningen optog RGB-kameraet en række billeder med stort overlap, både i flyveretningen og på tværs. Disse billeder blev efterbehandlet i et softwareprodukt (Pix4Dmapper), der ud fra fotogrammetriske principper dannede ét samlet sømløst ortofoto, der dækkede det samlede overfløjne areal. Det samlede RGB-ortofoto havde en horisontal opløsning på ca. 3x3 cm. Dækningsgraden blev bestemt som forholdet mellem antallet af pixels, der tilhørte grønt plantemateriale, og det totale antal af pixels i billedet. For at afgøre om en given pixel tilhører grønt plantemateriale, blev der anvendt vegetationsindekset ExGR, som er forskellen mellem overskydende grøn (excess green) og overskydende rød (excess red) (Meyer & Neto, 2008).

Til bestemmelse af kvælstofoptagelse i overjordisk biomasse blev der på begge lokaliteter taget planteklip i begyndelsen af november (Hansen & Thomsen, 2019). I hver af fire gentagelser blev der afklippet biomasse på to tilfældigt placerede felter på i alt 0,5 m². Biomassen fra de to felter pr. parcel blev puljet til én prøve og efterfølgende opdelt i de enkelte arter af efterafgrøder samt i ukrudt og spildkorn. Plantematerialet blev tørret, vejnet og analyseret for indhold af kvælstof (Tabel 1). Det skal understreges, at dækningsgraden er bestemt over hele parcellen, hvoraf klippeområdet kun udgør en lille del. Dækningsgrader gennem efteråret for de tre efterafgrødearter sået til de fire forskellige tidspunkter er vist i Figur 1.

Tabel 1. Kvælstofoptagelse i begyndelsen af november i efterafgrøder samt ukrudt og spildkorn på Foulum efter såning på fire forskellige tidspunkter. Fra Hansen & Thomsen (2019).

Efterafgrøde	Faktiske sådato	Efterafgrøde	Ukrudt og spildkorn	I alt
		(kg N/ha)		
Olieræddike	9. august	41	1	42
	20. august	49	1	50
	29. august	32	2	34
	6. september	28	2	30
Havre	9. august	33	1	34
	20. august	28	1	29
	29. august	19	1	20
	6. september	14	1	15
Honningurt	9. august	38	9	47
	20. august	46	1	47
	29. august	26	1	27
	6. september	20	1	21



Figur 1. Dækningsgrad af olieræddike, havre og honningurt sået til fire forskellige tidspunkter (9., 20. og 29. august samt 6. september) i forsøget på Foulum i efteråret 2018. Såtidspunktet er markeret ved dækningsgraden "0" som første punkt. Værdierne er gennemsnit af fire gentagelser.

Olieræddike er den af de tre efterafgrøder, der først opnåede en høj dækningsgrad uanset såtidspunktet (Figur 1). Honningurt sået 29. august eller 6. september opnåede knap så høje

dækningsgrader i oktober som olieræddike og tidligere sået honningurt, men opnåede dog relativt høje dækningsgrader.

Udviklingen i havres dækningsgrad adskiller sig fra de to andre efterafgrøder ved de 3-4 sidste overflyvninger (Figur 1). For de to første såtidspunkter opnåede havre en høj dækningsgrad ved overflyvningen 21. oktober. Det er usikkert, hvorfor dækningsgraden for de to sidste såtidspunkter steg kraftigt i løbet af blot tre dage (fra 21. til 24. oktober), og hvorfor dækningsgraden derefter faldt for alle fire såtidspunkter ved flyvning den 6. november for derefter at stige igen den 22. november.

Havre har en betydelig mere opret vækst end f.eks. honningurt (Billede 1) og vil derfor kunne syne af mindre på et billede taget fra oven. Desuden kan havrens oprette blade være mere påvirkelige af vind, som kan få bladene til ligge mere parallelt med jordoverfladen og dermed give en højere dækningsgrad, end når de fotograferes i vindstille vejr. Muligvis er der derfor tale om en overestimering af havres dækningsgrad ved den 3. sidste overflyvning (24. oktober). Værdierne efter den 24. oktober er generelt mere usikre pga. mere ustadigt vejr end ved de første overflyvninger.



Billede 1. Havre (til venstre) og honningurt (til højre) sået 6. september fotograferet fra siden af parcellen 21. oktober 2018.

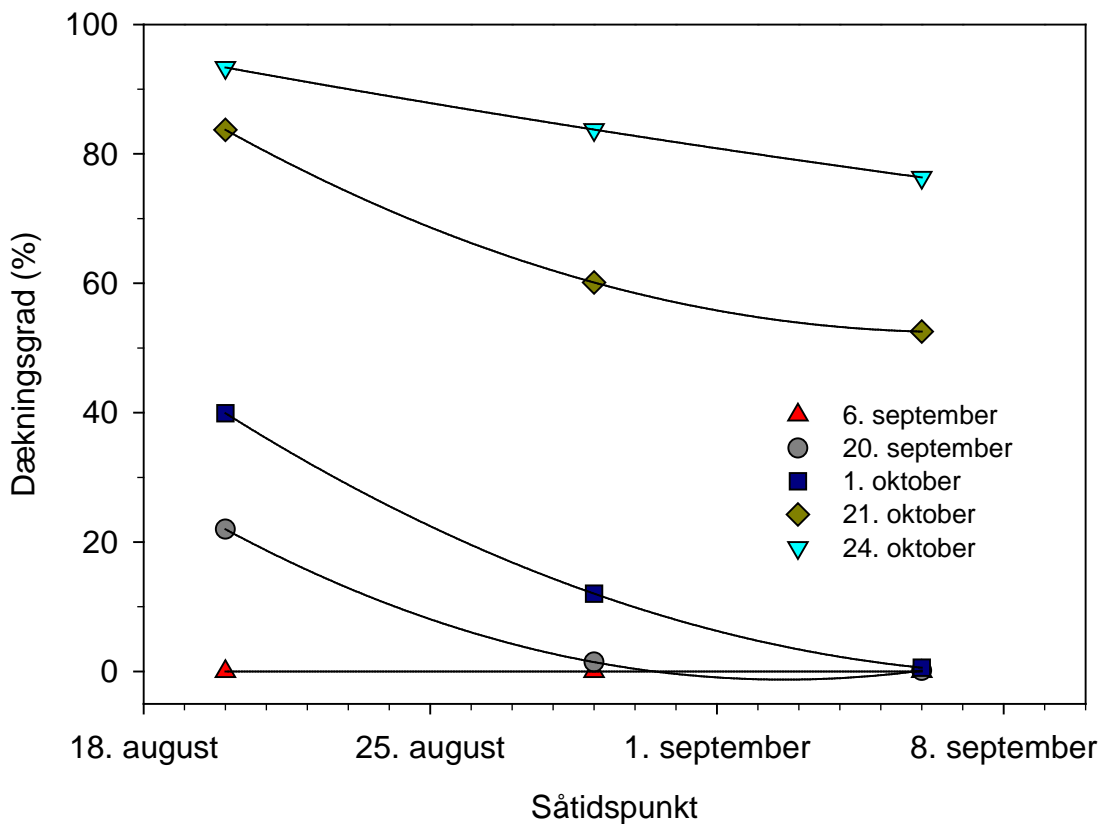
Beregning af dækningsgrader ved estimerede såtidspunkter

I Hansen & Thomsen (2019) blev der givet forslag til, hvordan kompenserende foranstaltninger i form af nedsat kvælstofkvote kunne erstatte en manglende effekt af efterafgrøder ved senere etablering end 20. august. Der blev taget udgangspunkt i de faktiske såtidspunkter (9., 20. og 29. august samt 6. september) som angivet i Tabel 1. I Thomsen & Hansen (2019) blev der beregnet tilsvarende kvotereduktioner men med udgangspunkt i efterafgrøder med andre såtidspunkter (20., 24. eller 28. august samt 7. september).

I nærværende besvarelse er der som i Thomsen & Hansen (2019) taget udgangspunkt i såtidspunkterne 24. og 28. august samt 7. september samt referencen, som er sat til 20. august, dvs. det seneste tidspunkt for rettidig etablering (Landbrugsstyrelsen, 2018). I det følgende refererer "estimeret såtidspunkt" til disse datoer, da de adskiller sig fra de faktiske såtidspunkter i forsøget. Forsøgsleddet med såning 9. august er ikke inddraget i det følgende ligesom dette såtidspunkt ikke blev inddraget i første afrapportering (Hansen & Thomsen, 2019), da der ikke blev fundet større kvælstofoptagelse ved 1. såtidspunkt (9. august) end ved 2. såtidspunkt (20. august) for olieræddike og honningurt ved Foulum, formentlig pga. de specielle vejrforhold i 2018.

I Figur 2 er den gennemsnitlige dækningsgrad for olieræddike, havre og honningurt ved de tre faktiske såtidspunkter (20., 29. august og 6. september, jf. Tabel 1, hvor 9. august er udeladt) indsat for hver af de første fem overflyvninger (6. og 20. september, 1., 21. og 24. oktober). Når der anvendes gennemsnit over de tre efterafgrødearter, der i årets dronemålinger udviser relativt store forskelle (Figur 1), skyldes det, at der generelt ikke skelnes mellem de godkendte efterafgrøder i forhold til dækningsgrad (Landbrugsstyrelsen, 2018).

Sammenhænge mellem dækningsgrad og det faktiske såtidspunkt er tilpasset et andengradspolynomium, og ud fra de fundne funktionsudtryk er der bestemt dækningsgrad for de estimerede såtidspunkter 20., 24. og 28. august samt 7. september, som er vist i Tabel 2.



Figur 2. Sammenhæng mellem såtidspunkt (20. august, 29. august og 6. september), og dækningsgrad bestemt ved overflyvning 6. september, 20. september, 1. oktober, 21. oktober og 24. oktober. Dækningsgraden ved de aktuelle såtidspunkter er forbundet med et andengradspolynomium.

Tabel 2. Dækningsgrader (%) 6. og 20. september, 1., 21. og 24. oktober beregnet ud fra Figur 2 for de estimerede såtidspunkter 20., 24. og 28. august samt 7. september.

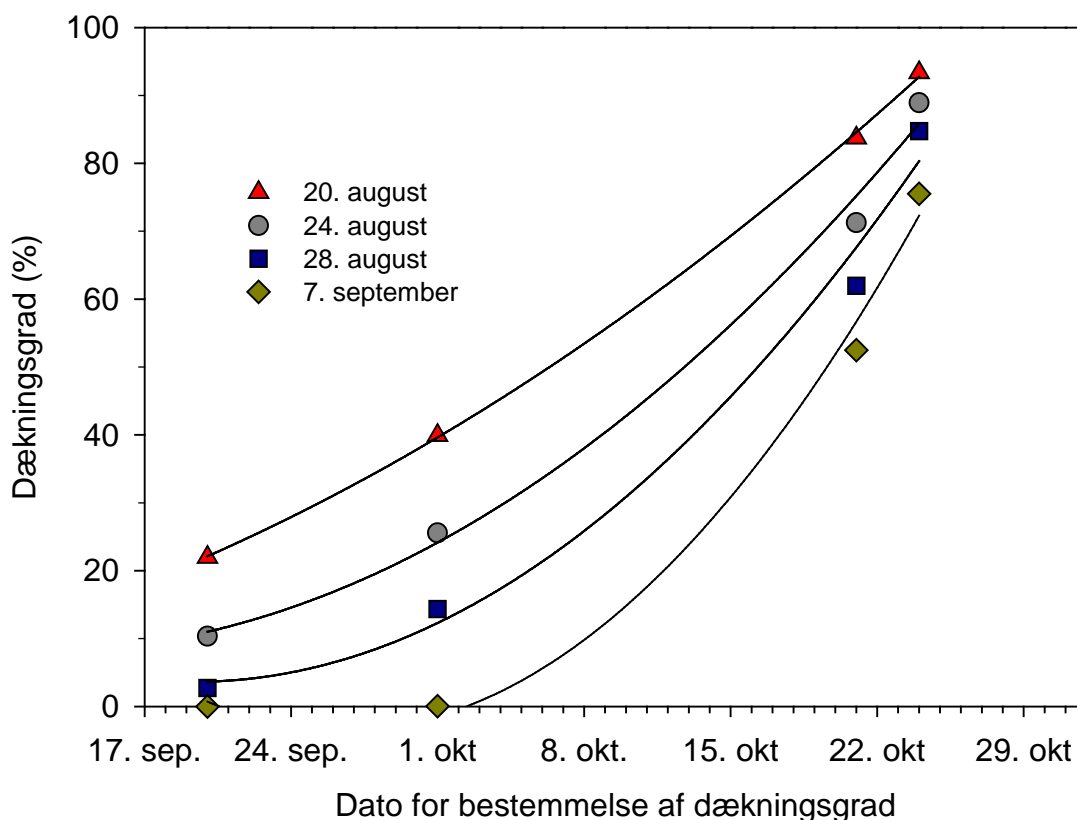
Estimeret såtidspunkt for efterafgrøder	Dato for bestemmelse af dækningsgrad				
	6. september	20. september	1. oktober	21. oktober	24. oktober
20. august	0	22	40	84	93
24. august	0	10	26	71	89
28. august	0	3	14	62	85
7. september	0	0	0	52	76

Ved rettidig etablering af efterafgrøder (senest 20. august) er der for nuværende fastsat mindstekrav til dækningsgrad i perioden mellem 11. september og 19. oktober (Tabel 3). Med denne inddeling er overflyvningerne den 6. og 22. november ikke relevante i forhold til kontrolperioderne, og dækningsgraderne fundet disse datoer er derfor udeladt i Figur 2 og Tabel 2.

Tabel 3. Gældende mindstekrav til dækningsgrad (%) i forhold til kontroltidspunkt (Landbrugstyrelsen, 2018).

Periode, hvor kontrollen gennemføres	Mindstekrav til dækningsgrad
11. september-14. september	15
15. september-20. september	20
21. september-25. september	25
26. september-1. oktober	30
2. oktober-6. oktober	35
7. oktober-19. oktober	40

Med henblik på at bestemme krav til dækningsgrad svarende til perioderne nævnt i Tabel 3 er dækningsgraderne for de estimerede såtidspunkter i Tabel 2 relateret til datoen for bestemmelse af dækningsgrad. Værdierne i Tabel 2 er således indsat i Figur 3 og vha. et andengradspolynomium relateret til tidspunkt for bestemmelse af dækningsgrad.



Figur 3. Sammenhæng mellem dato for bestemmelse af dækningsgrad og estimeret såtidspunkt for efterafgrøder enten 20., 24. og 28. august eller 7. september.

Ud fra Figur 3 kan dækningsgraden for de estimerede såtidspunkter 20., 24. og 28. august samt 7. september bestemmes til den gennemsnitlige dato for de fem kontrolperioder mellem 15. september og 19. oktober (Tabel 3), hvilket svarer til 17., 23. og 28. september samt 4. og 13. oktober. Første kontrolperiode mellem 11. og 14. september er udeladt, da funktionsudtrykkene anvendt i Figur 3 ikke kan anvendes til bestemmelse af forventet dækningsgrad på dette tidspunkt.

Dækningsgraden for de estimerede såtidspunkter 20., 24. og 28. august samt 7. september bestemt ud fra Figur 3 er vist i Tabel 4. For såning 7. september gælder, at værdierne er negative ved de første tre kontrolperioder (17., 23. og 28. september). Heraf følger, at efterafgrøder sået 7. september på baggrund af den her anvendte metode ikke kan kontrolleres i de pågældende perioder.

Tabel 4. Dækningsgrader (%) bestemt ud fra Figur 3 for den gennemsnitlige dato i de nuværende kontrolperioder (Tabel 3). Den relative dækningsgrad bestemt med såning senest 20. august som reference er vist i parentes.

Kontrolperiode	Gns. dato for kontrolperiode	Seneste estimerede såtidspunkt for efterafgrøder			
		20. august	24. august	28. august	7. september
15. september-20. september	17. september	18 (100)	9 (51)	4 (22)	-
21. september-25. september	23. september	26 (100)	14 (51)	4 (17)	-
26. september-1. oktober	28. september	34 (100)	19 (57)	8 (24)	-
2. oktober-6. oktober	4. oktober	45 (100)	30 (65)	17 (38)	2 (4)
7. oktober-19. oktober	13. oktober	65 (100)	51 (78)	39 (61)	23 (36)

Dækningsgraden bestemt i forsøget 2018 efter såning af efterafgrøder 20. august (Tabel 4) afviger fra de nuværende krav til dækningsgrader (Tabel 3). Afvigelserne er små ved de første kontrolperioder, men dækningsgraden den 13. oktober er betydeligt højere (65 %) end de nuværende krav på 40% (Tabel 3).

Med henblik på at tilpasse dækningsgraderne ved forskellige såtidspunkter til den nuværende trappemodell (Landbrugsstyrelsen, 2018) er de nuværende mindstekrav til dækningsgrader justeret i forhold til de relative dækningsgrader, som er angivet i parenteser i Tabel 4. Resultatet er vist i Tabel 5.

Tabel 5. Dækningsgrader (%) bestemt ved at relatere de relative forskelle (Tabel 4) til nuværende mindstekrav (Landbrugsstyrelsen, 2018), som er angivet i kolonnen ved såtidspunktet 20. august.

Kontrolperiode	Seneste estimerede såtidspunkt for efterafgrøder			
	20. august	24. august	28. august	7. september
15. september-20. september	20	10	4	-
21. september-25. september	25	13	4	-
26. september-1. oktober	30	17	7	-
2. oktober-6. oktober	35	23	13	2
7. oktober-19. oktober	40	31	24	15

Generelle bemærkninger

Som det fremgår, bygger ovenstående beregninger af mindstekrav til dækningsgrader ved forskellige såtidspunkter for efterafgrøder (Tabel 5) på et enkelt forsøg gennemført i efteråret 2018. Det betyder, at data og beregninger er behæftet med betydelig usikkerhed i forhold til generalisering. Ligeledes gælder det, at valg af funktionsudtryk har stor betydning for resultatet, hvilket der ikke er testet for.

Slutresultatet for beregningerne (Tabel 5) baseret på den nuværende trappemodel, der som anført af Hansen & Thomsen (2015) og Thomsen & Hansen (2016) skal tages med forbehold. Når der foreligger flere data, bør det derfor analyseres, dels om "trinnene" i den nuværende trappemodel bør justeres dels om de i 2018 fundne sammenhænge mellem dækningsgrad og såtidspunkter er valide.

Referencer

- Hansen, E.M., Thomsen, I.K. 2015. Notat vedr. "Kontroltrappe" for efterafgrøder. Notat til NaturErhvervstyrelsen 4. februar 2015.
https://pure.au.dk/portal/files/99423411/F_lgebrev_og_Notat_Kontroltrappe_for_vurdering_af_efterafgr_der_0302201.pdf
- Hansen, E.M., Thomsen, I.K. 2019. Markforsøg med efterafgrøder. Etableringstidspunktets betydning for effekt, dækningsgrad og eftervirkning – foreløbig afrapportering. Notat til Landbrugsstyrelsen 1. januar 2019.
https://pure.au.dk/portal/files/141697082/Levering_Forel_big_afrapportering_af_markforsog_med_efterafgr_der.pdf
- Meyer, G.E., Neto, J.C. 2008. Verification of color vegetation indices for automated crop imaging applications. Computers and electronics in agriculture 63, 282-293.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169908001063>
- Landbrugsstyrelsen 2018. Vejledning om gødsknings- og harmoniregler. Planperioden 1. august 2018 til 31. juli 2019. Landbrugsstyrelsen, Miljø- og Fødevareministeriet.
https://lbst.dk/fileadmin/user_upload/NaturErhverv/Filer/Landbrug/Vejledning_om_goedsknings-og_harmoniregler_2018_2019_1version.pdf
- Thomsen, I.K., Hansen, E.M. 2016. Leaf coverage and nitrogen uptake of potential EFA catch crops. Notat til NaturErhvervstyrelsen 17. februar 2016.
https://pure.au.dk/portal/files/102153381/F_lgebrev_og_Notat_Coverage_of_catch_crops_17022016.pdf
- Thomsen, I.K. Hansen, E.M. 2019. Opfølgende bestilling til foreløbig afrapportering af markforsøg: kvotereduktion ved sen etablering af efterafgrøder. Notat til Landbrugsstyrelsen 27. marts 2019.