

SLUTRAPPORT

GUDP-projekt 2016-2020

Cloversense

Billedbehandling skal optimere udbytte og kvalitet af kløvergræsmarker



17. NOVEMBER 2020

Projektleder René Gislum
Aarhus Universitet, Institut for Agroøkologi



Grønt Udviklings- og Demonstrationsprogram

Projektet, som er beskrevet i denne rapport, er støttet af Grønt Udviklings- og Demonstrationsprogram, GUDP, som er en erhvervsstøtteordning under Miljø- og Fødevareministeriet.

GUDP giver tilskud til projekter, der understøtter grøn omstilling af fødevareerhvervet, og programmet dækker hele værdikæden fra landbrugsproduktion til forarbejdningsindustri og afsætningsled.

Det er GUDP's ministerudpegede bestyrelse, som beslutter hvilke projekter, der skal modtage tilskud. Bestyrelsen betjenes af GUDP-sekretariatet, der er delt mellem Landbrugsstyrelsen og Miljøstyrelsen.

GUDP-sekretariatet i Landbrugsstyrelsen

Augustenborg Slot 3, 6440 Augustenborg | Tlf.+45 33 95 80 00

GUDP-sekretariatet i Miljøstyrelsen

Tolderlundsvej 5, 5000 Odense C | Tlf. +45 72 54 40 00

Mail: gudp@lbst.dk

Web: www.gudp.dk

Denne slutrapport er godkendt af GUDP, men projektets partnere er alene ansvarlige for indholdet. Rapporten må citeres med kildeangivelse

SLUTRAPPORT

CloverSense

Billedbehandling skal optimere udbytte og kvalitet af kløvergræsmarker

FAKTA OM PROJEKTET

- **Projektperiode:** 1.5.2016 til 31.12.2019
- **Projektets deltagere:** Aarhus Universitet Institut for Agroøkologi, Aarhus Universitet Institut for Ingeniørvidenskab, Agrintelli, I-GIS.
- **Bevilling fra GUDP:** 5,479 mio. kr.
- **Projektleder:** René Gislum, Aarhus Universitet

FORMÅL

Formålet med projektet CloverSense var at kombinere og tilpasse eksisterende teknologier til et nyt digitalt redskab, som landmænd og konsulenter kan bruge til at bestemme det præcise forhold mellem kløver- og græsplanter i kløvergræsmarker. Intentionen var at udvikle et billedsensorkamera-system til brug i marken og en webplatform, som binder billederne sammen ved hjælp af en algoritme, og omsætter resultaterne til kløver/græs-kort og differentierede gødningskort. Endvidere ville projektet udvikle en app, som gør det muligt at få en præcis og objektiv vurdering af kløvergræsforholdet ude i marken. Det overordnede formål var at give landmanden et bedre grundlag for at optimere kvælstoftilførslen til kløvergræsmarkerne og dermed dels få et bedre udbytte, dels et mindre tab af kvælstof til det omgivende miljø.

PROJEKTETS RELEVANS

Baggrunden for projektet er behovet for at mindske kvælstoftabet fra landbrugsarealet og samtidig opretholde en høj produktivitet. Der bliver dyrket kløvergræs på ca. 259.000 hektar i Danmark, og afgrøden er en vigtig foderkilde i både konventionelt og økologisk landbrug. Kvælstof-tilførslen (N) til kløvergræs påvirker forholdet mellem græs- og kløverplanter: Ved høje N-mængder udkonkurrerer græsset kløveren. Det er ikke hensigtsmæssigt, da kløveren selv er i stand til at fiksere kvælstof fra luften til gavn for begge afgrøder. Samtidig er kløver en vigtig proteinkilde for de køer, som bliver fodret med kløvergræs.

Tilførslen af N sker i dag på baggrund af en visuel vurdering af kløver/græs-forholdet. Denne metode er upræcis og utilstrækkelig i forhold til at optimere N-tildeling og udnyttelsen af kvælstoffet. Ved en mere præcis tildeling af kvælstof kan man undgå, at kløveren bliver udkonkurreret.

HOVEDRESULTATER

Projektet CloverSense har med succes udviklet et digitalt redskab til at bestemme den præcise andel af henholdsvis kløver- og græsplanter i kløvergræsmarker.

Redskabet består af tre elementer:

- 1) Billedsensorkamerasystemet CloverSenseCam (CloverCam), der ved hastigheder op til 25 km/t kan indsamle billeder i høj opløsning.
- 2) Webplatformen CloverSenseWeb, der binder billeder sammen med algoritmer og formidler resultaterne i form af kløver/græs kort og differentierede gødningskort til landmanden.
- 3) Smartphoneprogrammet 'CloverSenseApp', der gør det muligt for landmanden og konsulenten at få et objektivt estimat af kløvergræsforholdet direkte i marken og dermed optimere N-tilførslen.

Algoritmen, som fungerer sammen med CloverCam, omdanner billeder til et tal for kløver/græs-forholdet. Når man kender det præcise tal, er det muligt at differentiere N-tildeling, så den passer til behovet i den specifikke mark, og vores beregninger viser, at det potentielt kan give en økonomisk gevinst til landmanden. SEGES vurderer fortjenesten ved graderet kvælstoftilførsel til at være 400 kr. per hektar, og det har uden tvivl været med til at øge interessen for vores produkter. De første praktiske erfaringer fra landmænd og konsulenter er beskrevet i artiklen "10.000 FE slætgræs med kun 90 kg N som input". (Magasinet Kvæg, 19. 12. februar 2019, side 19).

Vi har i projektet udviklet en robust algoritme, som blandt andet er blevet præsenteret på konferencer og i videnskabelige artikler. Endelig har vi lanceret CloverSense App, som frit kan downloades fra Google Play. CloverSense er blevet modtaget med stor interesse i landbruget, og kamerateamet er allerede blevet belønnet med priser for den gode opfindelse.

PROJEKTFORLØB OG ERFARINGER

I projektet har vi fokuseret på at færdigudvikle produktet, så det kunne være til rådighed ved projektets afslutning. Det er lykkedes, og det skyldes ikke mindst de involverede firmaers interesse og kompetencer inden for området.

CloverSense har taget billeder og planteklip flere forskellige steder i Danmark hos forskellige landmænd og hos DLF A/S. Dette samarbejde har været værdifuldt i udvikling, demonstration og lanceringen af vores produkter. Vi har modtaget megen konstruktiv kritik i forløbet, hvilket blandt andet har betydet, at vi ikke har haft brug for særlig meget input fra vores følgegruppe, da

interessenterne i gruppen allerede blev introduceret tidligt i projektet gennem samarbejdspartnere og forsøgsværter. Vi har på den måde haft en løbende dialog med forskellige interessenter gennem hele projektperioden.

Vi har samtidig haft et godt samarbejde med Innovationsfondens projekt Smartgrass specielt i forhold til at dele billeder og resultater fra planteklip til udvikling af mere robuste algoritmer. I-GIS har opbygget en IT-plattform kaldet CloverSense.net, som kan håndtere billeder af kløvergræs, der sendes ind. ColverSense.Net viser resultatet af fortolkningen af et enkelt billede, men kan også sammenstille en række billeder til en samlet opgørelse på for et areal. Det er netop sammenstillingen af et helt areal, der kan benyttes som input til et tildelingskort. Der er desuden udviklet en mobilclient, CloverSense Mobile Free.

I-GIS arbejder fortsat på at definere forretningsmodeller for disse services, men har indtil videre valgt ikke at udbyde betalingsudgaver. Det skyldes, at det erfaringsgrundlag, kommercialiseringen skal hvile på endnu er for spinkelt, og samtidig mangler vi en robust tildelingsalgoritme, der kan bruges til at generere et egentligt tildelingskort. Det skyldes bl.a., at der mangler forskning, som kan specificere dette under forskellige hensyn til f.eks. økonomi, miljø, udvaskning osv.

AgroIntelli og I-GIS samarbejder nu om at benytte I-GIS CloverSense platform til kvalitetssikring, kortgenerering og kortdistributionsplatform til data/billeder indsamlet med Agointellis CloverCam. Arbejdet med integrationen forgår fortsat efter projektets afslutning. Ved projektets afslutning havde Agointelli et kamera – CloverCam - som fungerer ved normal slæthastighed, og som tager billeder i høj opløsning. Kameraet kan monteres på et redskab eller en traktor og indsamle billeder af kløver/græs forholdet i kløvergræsmarker til foder.

KONKLUSION OG PERSPEKTIVERING

Det er lykkedes at udvikle det værktøj, som var formålet med projektet ifølge ansøgningen. Det består af de tre planlagte elementer: Et webkamera til brug i marken, en webplatform, hvor billeder bindes sammen af en algoritme, som gør det muligt at generere kløver/græs-kort og differentierede gødningskort samt en app. Til sammen udgør de tre elementer et værktøj, som i praksis kan bruges til at bestemme det nøjagtige kløver/græs-forhold i marken.

Redskabet har vist sig egnet til formålet og anvendelsen af det nye værktøj, vil resultere i en differentieret og optimeret kvælstoftilførsel til kløvergræs på den enkelte bedrift. Dermed bliver kvælstoftabet reduceret til gavn for både miljøet og landmandens økonomi.

Vores foreløbige erfaringer viser, at landmændene er meget interesserede i denne form for ny og veldokumenteret teknologi, men der er flere faktorer, som har betydning for, om den bliver taget i brug – ikke mindst prisen. Der har været stor interesse for CloverSense, men det er stadig relativt dyrt at anskaffe teknologien, og den må gøres billigere for at blive attraktiv på markedet.

Gennem projektperioden er priserne på både kamera og GPUs dog allerede faldet væsentligt, da AI-teknologier bliver mere og mere almindelige. Vi forventer at denne tendens vil fortsætte, og at det udviklede redskab derfor i løbet af et til to år vil være nede i en pris, som gør det attraktivt for landmænd at anskaffe.

FORMIDLING

Litteraturliste og kommunikation om projektet

Skovsen, S., Dyrmann, M., Mortensen, AK., Steen, KA., Green, O., Eriksen, J., Gislum., Jørgensen, RN. and Karstoft, H. (2017). Estimation of the botanical composition of clover-grass lays from RGB images using data simulation and fully convolutional neural networks. *Sensors, special issue Sensors in Agriculture*, 17(12).

<https://doi.org/10.3390/s17122930>

1. Skovsen, S., Dyrmann, M., Eriksen, J., Gislum., Karstoft, H. and Jørgensen, RN. (2018). Predicting Dry Matter Composition of Grass Clover Leys Using Data Simulation and Camera-based Segmentation of Field Canopies into White Clover, Red Clover, Grass and Weeds. *Proceedings of the 14th International Conference on Precision Engineering*, 5079. <https://ispag.org/proceedings/?action=abstract&id=5079>
2. Skovsen, S., Dyrmann, M., Mortensen, AK., Laursen, MS., Gislum, R., Eriksen, J., Farkhani, S., Karstoft, H., Jørgensen, RN. (2019). The GrassClover Image Dataset for Semantic and Hierarchical Species Understanding in Agriculture. *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition 2019 - Long Beach Convention & Entertainment Center, Long Beach, United States*. [CVPR 2019 Open Access Repository](#), link til datasæt <https://vision.eng.au.dk/grass-clover-dataset/>
3. Skovsen, S., Laursen, MS., Gislum, R., Eriksen, J., Dyrmann, M., Mortensen, AK., Farkhani, S., Karstoft, H., Jensen, NP. and Jørgensen, RN. (2019). Species distribution mapping of grass clover leys using images for targeted nitrogen fertilization. *Precision agriculture* 19. https://doi.org/10.3920/978-90-8686-888-9_79

Workshops og møder hvor vi har haft indlæg, eller har medbragt en poster. Punkterne 10 til 28 er udelukkende fra Agointelli:

1. "Cloversense - kamera muligheder" præsentation af Morten S. Laursen d. 29. august 2016.
2. Græsmarkskonferencen 2017 hvor vi havde et indlæg
3. Indlæg ved Argentinean Congress of Animal Production i Argentina d. 7. november 2017
4. Møde på SEGES d. 2. november 2017 omkring kløvergræs hvor vi deltog med et indlæg.
5. Plantekongres 2018 med en stand hvor man kunne se og vi forklarede ideen og principperne med projektet. Vi havde også medbragt en drone med kamera samt et 'græstæppe' så man kunne se hvordan et billede blev omsat til en kløver-græs forhold.
6. Græsland 2018, hvor vi havde poster og fortalte om projektet for interesserede.
7. AgroMek 2018 hvor Agointelli fik en pris for Clovercam
8. Skovsen, S., Dyrmann, M., Mortensen, AK., Laursen, MS., Gislum, R., Eriksen, J., Farkhani, S., Karstoft, H., Jørgensen, RN. (2019). The GrassClover Image Dataset for Semantic and Hierarchical Species Understanding in Agriculture. Poster at 'IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition 2019' - Long Beach Convention & Entertainment Center, Long Beach, United States. https://pure.au.dk/portal/files/160598408/skovsen_cvpr_poster_final_with_logo.png
9. Gødskning af kløvergræs, Plantekongres 2019, 15. januar, Herning, Denmark
10. Teknologiske udfordringer i landbruget, NutriFair, 16. januar 2019, Fredericia, Denmark
11. Fra traktorfører til robotoperatør, Innovationsuddannelse for Landmænd, 22. januar 2019, Møllerup, Denmark

-
12. Hvilke udfordringer kan robotter klare for os nu og i fremtiden?, Patriotisk Selskabs Planteavlskonference - Praktisk Planteavl i Dybden, 30. januar 2019, Odense
 13. Robots for arable farming, Digital Agro, 12. juni 2019, Curitiba, Brazil
 14. Status and Perspectives on Arable data & automation, Company Conference of SESVanderHave, 18. Juni 2019, Istanbul, Turkey
 15. Sustainable Intensification of Arable Farming enabled by Automated Implements, International VDI Conference - Automation and Robotics in Agriculture, 26. juni 2019, Berlin, Germany
 16. Sustainable Farming, Samuelsens Fødevarerpolitiske netværk, 2. oktober 2019, København
 17. Jordbrugsproduktionens nødvendige revolution, Ja-konference: Hvordan opfylder vi klimamålene?, 9. oktober 2019, København
 18. Automation and visions for the future, Global Future Farming Summit, 5. november 2019, Wageningen, Holland
 19. Smart farming, Abemec Show, 21 november 2019, Veghel, Holland
 20. Hvordan kan nye teknologiske løsninger hjælpe den professionelle landmand med at øge produktiviteten og reducere klimabelastningen, PwC temadag for virksomhedslandbrug, 27. november 2019, Christiansfeld, Danmark
 21. Robots serving field crops, FIRA International Forum of Agricultural Robotics, 10. december 2019, Toulouse, France
 22. Robotti Demo 22. januar 2019 - Innovations uddannelse for landmænd, Møllerup Gods
 23. Demo og indlæg, 6. februar 2019 - Robotter i Landbruget status, SAGRO, Herning
 24. Indlæg, 7. februar 2019 - Robotter i Landbruget status, Landboudom Hinnerup
 25. Robotti demo samt indlæg, 4. juni 2019 - Robotter i undervisningen, Gråsten Landbrugsskole
 26. Radiointerview på P4 med Lone Andersen Landbrug og fødevarer. 14. august 2019 - Robotter i landbruget, Agro Food Park
 27. Robotter til landbruget, 1. oktober 2019 - Danish Crowns repræsentantskab, Agro Food Park

Nedenstående artikler og omtale i artikler er alle UF4 leveringer:

1. Billeder skal afsløre kløverindhold: I græsmarken. Effektivt Landbrug, side 8. 11. oktober 2016.
2. Kvælstof, kløvergræs, kamera og billedbehandling går op i en højere enhed. DCA – Nationalt center for Fødevarer og Landbrug. 18. oktober 2016.
3. Nyt dansk projekt skal også fastlægge N-behov kørende – men ud fra fotos. Effektivt Landbrug, side 9, 25. oktober 2016.
4. Græs, kløver, kvælstof, kamera og smartphones. Økologi & Erhverv, side 14. 28. oktober 2016.
5. Gød kløvergræs præcist, og tjen 96 mio. kr. LandbrugsAvisen.dk, side 39. 28. oktober 2016.
6. Droner skal bestemme kvælstoftildeling. LandbrugsAvisen.dk. 28. juni 2018.
7. Præcision i kløvergræsmarken – nye muligheder for merudbytte og kvalitetsstyring. Agro, side 20. 14. september 2018.
8. Se hvem der har fået flest Agromek Stars. LandbrugsAvisen.dk. 3. oktober 2018.
9. En grønne revolution. Weekendavisen, sektion 4, side 1. 12. oktober 2018.
10. Clovermap optimerer landmandens gødskning. Maskinbladet.dk, 29. oktober 2018.
11. Så er der sat navn på nominerede til særlig Agromek-hæder. LandbrugsAvisen.dk. 30. oktober 2018.
12. 21 nominerede til Agromek Awards. Landbrugfyn.dk. 30. oktober 2018.
13. 21 nominerede til Agromek Awards. Effektivt Landbrug, side 4. 31. oktober 2018.
14. Mød fremtidens landbrug på Agromeks nye innovationsområde. Mark, side 46. 5. november 2018.
15. Øget udbytte af kløvergræs med kamera og app. Agro, side 15. 9. november 2018.
16. Messe favner det basale og eksperimentelle. Kvæg, side 34. 12. november 2018.
17. Fremtidens teknologier – guidet tur på Agromek. Lr.dk (Landbrugsinfo). 15. november 2018.
18. Øget udbytte i kløvergræs med kamera og app. Maskinbladet, side 50. 16. november 2018.
19. Kunstig intelligens optimerer udbyttet. LandbrugsAvisen.dk, side 44. 22. november 2018.
20. 21 indstillet til priser. Landbrug Syd. Sektion 1, side 8. 22. november 2018.
21. Øget udbytte af kløvergræs med kamera og app. Effektivt Landbrug, side 28. 24. november 2018.
22. Tillykke til vinderne af Agromek Awards. Landbrugfyn.dk. 27. november 2018.

-
23. Kornhåndtering, energi, viden og service – Græs og kløverkamera i fokus. Effektivt Landbrug. 28. november 2018.
 24. Syv Agromek-vindere. Herning Folkeblad, side 26. 28. november 2018.
 25. Syv Agromek-vindere. AOH.dk. 28. november 2018.
 26. Stjerneregning i Herning. Effektivt Landbrug, side 9. 28. november 2018.
 27. Robotterne er her. Effektivt Landbrug, side 11. 29. november 2018.
 28. Morgenposten: Masser af ”kamera” –salg i Herning – men er det nok?. Landbrugsavisen.dk. 3. december 2018.
 29. Pris til banebrydende markteknik. DCA-Nationalt Center for Fødevarer og Landbrug. 4. december 2018.
 30. Græs- og kløverkamera. Landbrug Syd, side 8. 6. december 2018.
 31. Simply the best. Maskinbladet, side 24. 7. december 2018.
 32. 10.000 FE slætgræs med kun 90 kg N som input. Kvæg, side 19. 12. februar 2019.
 33. Isåning og omlægning af kløvergræs. Økologi, side 13. 19. februar 2019.
 34. Tjen 400 kr. pr. hektar i slætgræs med et kløverkamera. LandbrugsAvisen.dk. 26. februar 2019.
 35. Nyt værktøj kan give meget mere kløver. LandbrugsAvisen.dk. 2. marts 2019.
 36. Bedriftsbesøg og temadag om græs. Slf.dk (Sønderjysk Landboforening). 16. maj 2019.
 37. Kamera kan designe den bedste græsensilage. LandbrugsAvisen.dk, side 31. 18. maj 2019.
 38. Nye værktøjer til kløvergræsset. LandbrugsAvisen.dk, side 42. 1. juni 2019.
 39. Kend din kløverandel og hent 500 kr. Maskinbladet.dk 14. juni 2019.
 40. Kan data-helvedes gøres overskueligt? Maskinbladet.dk. 14. juni 2019.
 41. Forårsklargøring af græsmarken. Effektivt Landbrug, side 6. 27. februar 2020.

Læs mere om GUDP's projekter på www.gudp.dk