

N-min som mål for potential udvaskning på ejendomsniveau	Ansvarlig	KRP
	Oprettet	29-01-2019
Projekt: [3682, Emissionsbaseret kvælstof- og arealregulering]	Side	1 af 11

N-min som mål for potential udvaskning på ejendomsniveau

N-min målt om efteråret før udvaskningen fra rodzonen begynder giver et udtryk for den potentielle kvælstofudvaskning i den efterfølgende vinter. I GUDP projektet Emissionsbaseret kvælstof- og arealregulering er det undersøgt, om målinger af N-min om efteråret kan indgå i en fremtidig emissionsbaseret kvælstofregulering.

For at undersøge om, en regulering efter N-min kan lade sig gøre i praksis, er der igennem 3 år gennemført et N-min måleprogram på 6 ejendomme fordelt på 3 oplande. Formålet med denne artikel er at vise, hvilke muligheder og udfordringer, der er i at måle N-min på ejendomsniveau. Herunder også at illustrere, hvordan landmanden selv kan påvirke N-min indholdet i jorden gennem afgrødevalg og dyrkningspraksis, og dermed hvilke værktøjer han har mulighed for at anvende, for at imødekomme en regulering baseret på N-min. Desuden er det beregnet, om en regulering på basis af N-min er omkostningseffektiv for landmanden.

De undersøgte oplande og ejendomme

Placeringen af de 3 oplande er vist i figur 1. Et opland er placeret vest for Viborg. Dette opland er domineret af sandjord, og de 2 deltagende bedrifter er en svinebedrift og en malkekvægsbedrift. Det andet opland er placeret vest for Odder i Østjylland. Landskabet her er morænebakker med lerjord, men jordtypen veksler og der er sandlinser i markerne i dele af oplandet. De 2 bedrifter er en svinebedrift og et planteavlsbrug, der dog modtager gylle fra naboer. Oplandet på Sjælland er en lerjordsflade placeret sydøst for Slagelse. Terrænet er fladt og jorden leret. Bedrifterne er en svineavlsbedrift og et planteavlsbrug. På det sjællandske planteavlsbrug anvendes også kalkun-dybstrøelse tildelt om efteråret til visse afgrøder. Bedrifterne og prøvetagningsprogrammet er beskrevet i tabel 1. De kombinationer af brugstyper, jordtyper og klimatiske forhold, som de udvalgte ejendomme dækker, er meget typiske for dansk landbrug.



Figur 1. Placering af de 3 demonstrationsoplande.



Tabel 1. Demonstrationsejendomme og jordtyper. Antal prøver er det samlede antal udtagne N-min prøver over alle 3 måleår.

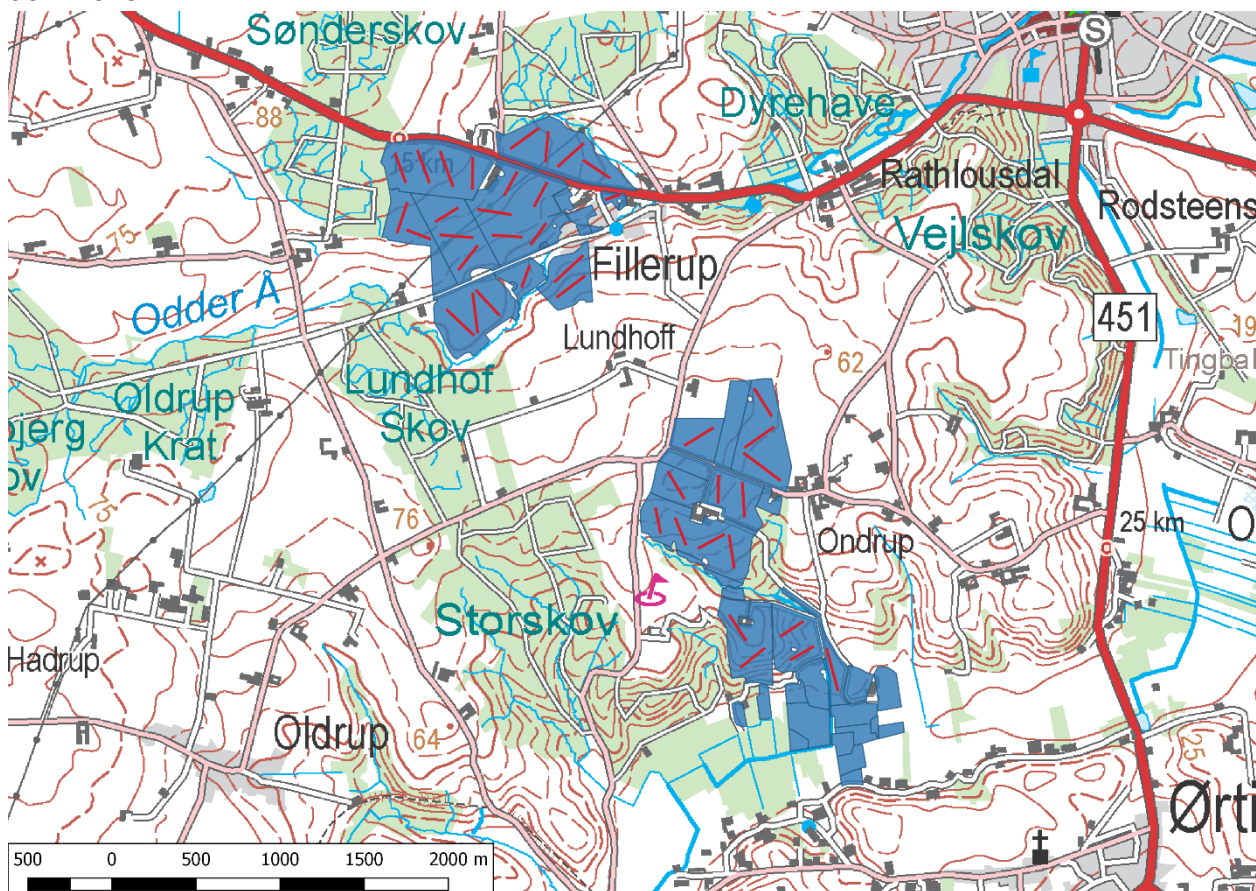
Ejendom	Opland	Jordtyper	Måleår	Antal prøver
Viborg, Kvæg	Viborg	JB1 og JB3	2014, 2015 og 2016	34
Viborg, Svin	Viborg	JB1 og JB2	2014, 2015 og	44
Østjylland, Svin	Østjylland	Primært JB1, JB4 og JB6	2014, 2015 og 2016	57
Østjylland, plante	Østjylland	JB4, JB5 og JB6	2014, 2015 og 2016	36
Sjælland, Plante	Sjælland	JB6 og JB7	2014, 2015 og 2016	90
Sjælland, Svin	Sjælland	JB6 og JB7	2014, 2015 og 2016	39

Prøvetagningsprogram

Der er taget N-min prøver i tre år, 2014, 2015 og 2016. På svineejendommen i Viborg dog kun i 2014 og 2015. Prøverne er udtaget om efteråret i oktober til december. Hver N-min prøve er udtaget som 16 stik på en linje i marken. Hvis der i praksis skal ske en regulering efter N-min, er anbefalingen fra projektet, at hver udtagningslinje dækker en delmark på højst 5 ha. Af økonomiske hensyn har det dog i projektet været nødvendigt at arbejde med større delmarker, og

hver udtagningslinje repræsenterer i disse undersøgelser et areal på mellem 5 og 15 ha. Et eksempel på, hvordan udtagningslinjerne er udlagt i markerne, er vist i figur 2.

Figur 2. Eksempel på placering af udtagningslinjer i markerne på en af demonstrationsejendommene.



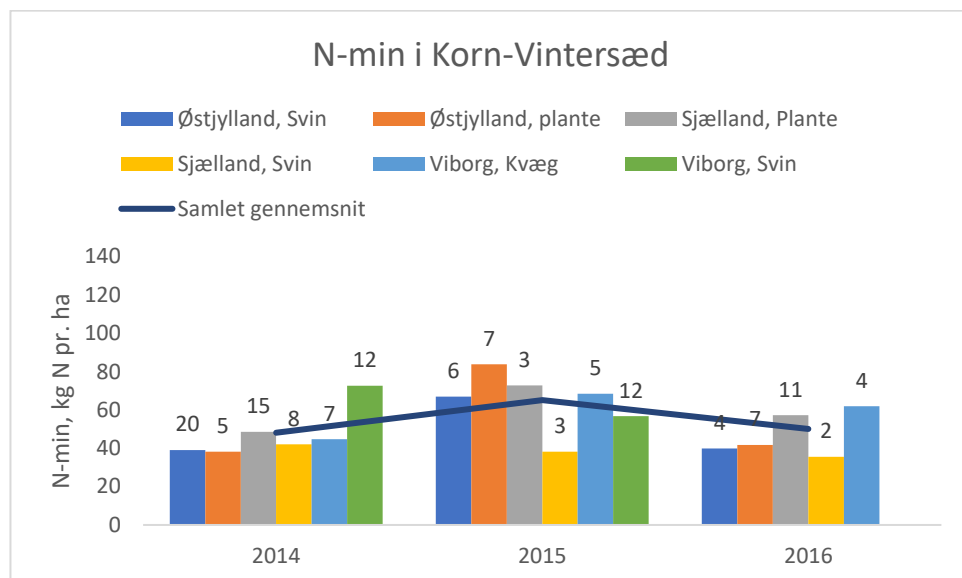
Sideløbende med prøvetagningsprogrammet på demonstrationsejendommene er der udtaget N-min prøver i Kvadratnettet for Nitratundersøgelser. Dette er gjort for at fastsætte jordens normale N-min indhold ved forskellige dyrkningspraksis og i forskellige år. Disse resultater gennemgås ikke i denne artikel, men resultaterne fra demonstrationsejendommene sammenholdes med de gennemsnitlige N-min værdier på landsplan.

Variation i N-min over år

Jordens N-min indhold er påvirket af en række dyrkningsmæssige faktorer, men også af en række klimatiske faktorer, der varierer fra år til år. Denne år til år variation er også tydelig i de N-min data, der er indsamlet på demonstrationsbedrifterne. I figur 3 ses N-min i afgrødekombinationen Korn-Vintersæd, dvs. marker med korn som høstafrøde og vintersæd som efterårsplantedække, for hvert måleår på hver bedrift (søjler). Desuden er det gennemsnitlige N-min for alle bedrifterne i Korn-Vintersæd vist med en kurve. I gennemsnit af alle bedrifterne er N-min højere i 2015 end i 2014, og igen lavere i 2016 end i 2015. Alle bedrifter undtagen den sjællandske svinebedrift følger dette mønster. Dette kan dog være tilfældigt, idet der kun er få målinger i Korn-Vintersæd i 2015 og 2016 på denne bedrift. Alle resultaterne stammer fra samme afgrødekombination og illustrerer derfor, at det normale N-min niveau i en afgrøde vil variere over årene på grund af klimatiske betingelser. Hvis bedrifterne skal reguleres på basis af N-min

målinger, er der derfor vigtigt, at der årligt laves undersøgelser af det normale N-min niveau i jorden, som N-min målinger på den enkelte bedrift kan sættes i forhold til.

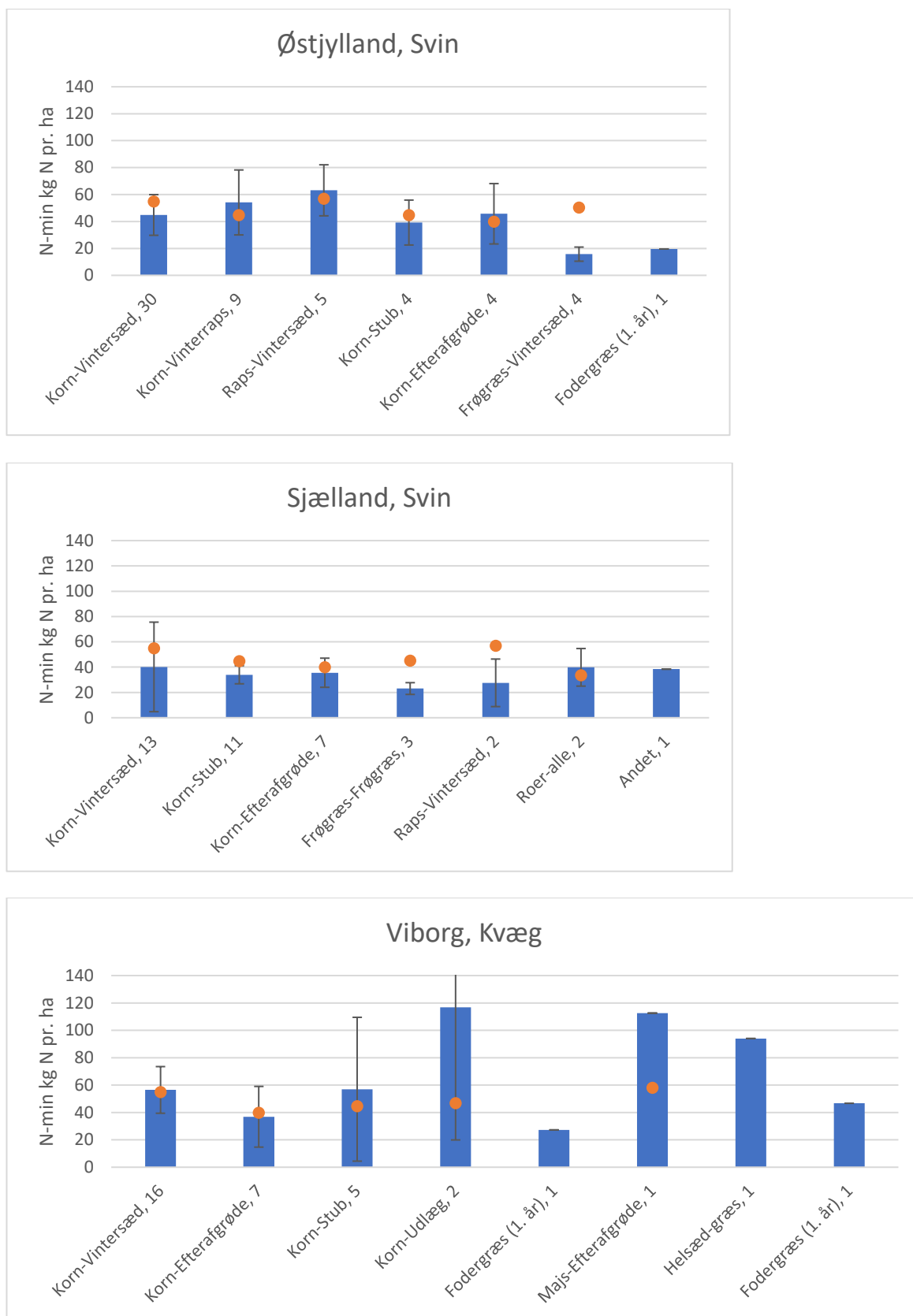
Figur 3. N-min i afgrødekombinationen Korn-Vintersæd. Søjlerne viser gennemsnitligt N-min på hver bedrift. Tallene over søjlerne er antal prøver. Kurven viser det gennemsnitlige N-min for alle bedrifter.



N-min målinger på de enkelte bedrifter

I figur 4 er vist jordens gennemsnitlige N-min indhold fordelt på afgrødetyper for den østjyske svinebedrift, den sjællandske svinebedrift og kvægbedriften ved Viborg. Alle data er middelværdier over tre år. Søjlerne viser N-min indholdet på bedriften, og de tynde streger viser variationen (som standardafvigelse) inden for hver gruppe. De orange punkter viser det normale N-min indhold for samme afgrødekombination i Kvadratnettet. Der er tale om middelværdier for de enkelte år, og både de viste værdier for bedrifterne og i Kvadratnettet integrerer således årsvariationen i N-min.

Figur 4. N-min for kombinationer af afgrøde og efterårsplantedække på tre bedrifter. Søjlerne viser det gennemsnitlige N-min på bedriften, og de tynde streger viser variationen (som standardafvigelse) mellem de udtagne prøver inden for hver gruppe. De orange punkter viser det normale N-min indhold for samme afgrødekombination i Kvadrattet.



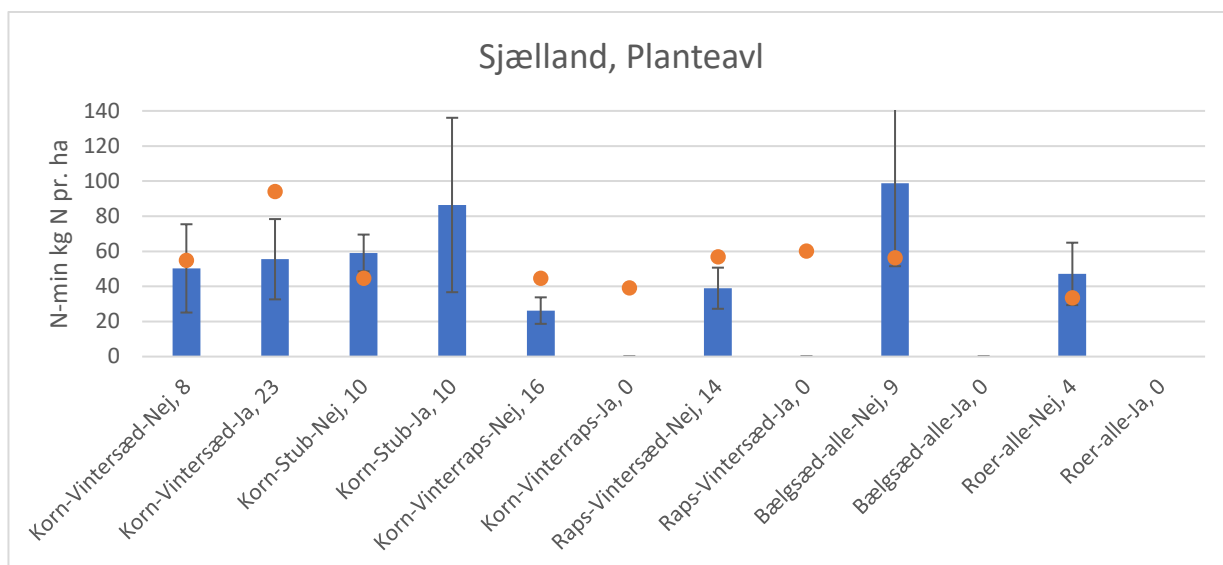
Data viser tydelige variationer i jordens N-min indhold afhængigt af hvilke afgrøder, der dyrkes på bedriften, og hvilket efterårsplantedække, der er på markerne. Mønstret i N-min ved forskellige afgrødekombinationer på demonstrationsejendommene følger generelt de mønstre mellem afgrødekombinationer, som også ses i normal N-min fra Kvadratnettet. I de tilfælde, hvor N-min på bedriften afviger stærkt fra N-min i Kvadratnettet, er der ofte tale om afgrøder, hvor der kun er få observationer, både på bedrifterne, og i undersøgelsen fra Kvadratnettet. Både resultaterne fra demonstrationsejendommene og Kvadratnettet viser, at landmanden via sædskiftet kan påvirke N-min i jorden.

Både den sjællandske og østjyske svinebedrift har et lavere N-min i Korn-Vintersæd end de gennemsnitlige værdier fra Kvadratnettet. På den anden side er der på den østjyske svinebedrift også afgrødekombinationer, hvor N-min ligger over det nationale gennemsnit. Det viser, at lave N-min værdier i én afgrøde, ikke giver garanti for, at man også har lave N-min generelt på bedriften.

Effekt af dybstrøelse om efteråret

På den sjællandske planteavlsbedrift anvendes der kalkun-dybstrøelse, der tildeles om efteråret. Man vil typisk forvente, at efterårstildelt gødning hæver N-min niveauet. I figur 5 er N-min prøverne på den sjællandske planteavlsbedrift opdelt efter afgrødekombination, og efter om der er efterårstildelt kalkun-dybstrøelse i prøvetagningsåret. Resultaterne viser, at N-min kun er ca. 5 kg N højere, når der tildeles kalkun-dybstrøelse på marker forud for vintersæd. Typisk tildeles der 60-80 kg total N forud for vintersæden, og det er overraskende, at det ikke medfører en større stigning i N-min. En del af det tilførte kvælstof optages naturligvis i vintersæden, men vintersæd kan ikke optage hele den tilførte mineralske kvælstofmængde. En mulig forklaring på den begrænsede stigning i N-min kan være, at der på ejendommen nedmuldes halm, der måske kan immobilisere N-min i perioden fra tilførslen i september og frem til prøvetagning i november. N-min stiger betydeligt mere, når dybstrøelsen tilføres forud for vårsåede afgrøder. Det kan skyldes, at der tilføres mere dybstrøelse (ca. 120-140 kg total N pr. ha) forud for de vårsåede afgrøder, og at dybstrøelse forud for vårsåede afgrøder tilføres i november, kort tid før N-min prøvetagningen. Den nedmuldede halm har derfor kortere tid til at immobilisere kvælstof. Hvis immobilisering af kvælstof spiller en rolle for størrelsen af N-min i efteråret, vil immobilisering hen over vinteren muligvis også kunne reducere mængden af mineralsk kvælstof i jorden og dermed udvaskningen. Det vil dog kræve yderligere undersøgelser at klarlægge dette.

Figur 5. N-min fordelt på søjlerne viser N-min indholdet på bedriften, og de tynde streger viser variationen (som standardafvigelse) inden for hver gruppe. De orange punkter viser det normale N-min indhold for samme afgrødekombination i kvadratnettet. Hvor de orange punkter mangler, har der ikke været observationer nok i Kvadratnettet til at kunne etablere et sikkert gennemsnit.



Landmandens øvrige muligheder for at tilpasse sig krav til jordens N-min indhold

Resultaterne viser, at landmanden har mulighed for at påvirke N-min niveauet gennem afgrødevalg, efterårsplantedække og anvendelse af husdyrgødning. Ud fra de dyrkningsoplysninger, som er indsamlet om de undersøgte marker, er det ikke muligt at se på yderligere muligheder for at påvirke N-min i jorden. Fra andre undersøgelser ved man dog, at efterårsbevoksningens evne til at optage kvælstof er afgørende for N-min indholdet i jorden, og undersøgelser i dette projekt viser også, at efterårsplantedækket er afgørende for, hvor meget af det målte N-min der udvaskes.

Landmanden vil også have mulighed for at påvirke N-min gennem tiltag, der fremmer kvælstofoptagelsen fra jorden om efteråret. Det vil sige tidlig såning af vintersæd, god og rettidig etablering af efterafgrøder.

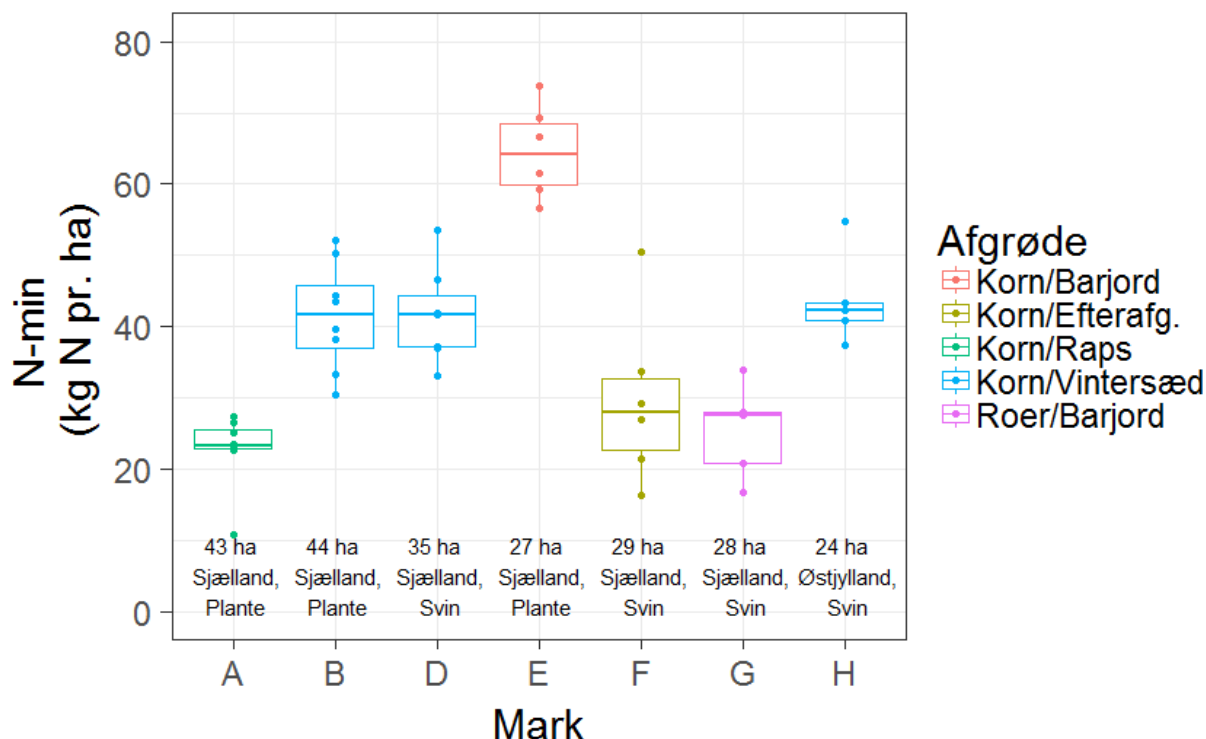
N-min i jorden påvirkes også af det generelle mineraliseringsniveau i jorden. Hvis mineraliseringen i jorden er forøget, f.eks. på grund af anvendelse af husdyrgødning eller fordi der indgår kløvergræs i sædskiftet, kan landmanden arbejde målrettet med at placere efterafgrøder eller afgrøder med stort og sent kvælstofoptag på de marker, hvor mineraliseringen må antages at være højest. F.eks. ved at placere helsæd med græsudlæg efter ompløjet kløvergræs.

Variation på markniveau

I det ovenstående er det vist, at landmanden gennem sin dyrkning kan påvirke jordens N-min indhold. For at landmanden i praksis skal kunne tilpasse sig en regulering baseret på N-min, hvor han f.eks. skal overholde faste grænseværdier, skal han være sikker på, at den tilfældige variation i jordens N-min ikke er for stor i forhold til i hvor høj grad N-min kan påvirkes gennem dyrkning. I 2014 blev der i en række større marker på demonstrationsejendommene udtaget flere end fire N-min prøver i samme mark. Hver prøve i disse marker repræsenterer en delmark på ca. 5 ha. Da der er tale om prøver i samme mark, varierer forfrugt, afgrøde,

jordbearbejdning og såtidspunkt ikke mellem prøverne. Der kan være forskelle i udbytter, jordbund og den langsigtede dyrkningshistorie, hvilket ikke er undersøgt. Derfor viser prøverne i hvor høj grad N-min niveauet varierer inden for samme dyrkningspraksis på kort sigt. Markerne er fortrinsvis beliggende på de sjællandske bedrifter, da markerne her er størst. Resultaterne er vist i figur 6.

Figur 6. Variation i N-min mellem prøvetagningslinjer inden for samme mark. Teksten under hver boks angiver bedrift og markstørrelse. Den midterste linje i boksen viser den gennemsnitlige N-min, mens boksens øvre og nedre linjer viser henholdsvis 25 pct. og 75 pct. kvartilerne. Dvs. at 50 pct. af alle observationer ligge inden for boksen.



Det fremgår af figur 6, at N-min niveauet i samme mark varierer inden for et spænd på ca. 20 kg N pr. ha. I forhold til forskellene mellem afgrøder i figur 3, kan dette spænd synes stort. Det store antal prøver giver dog en acceptabel sikkerhed på markens gennemsnitlige N-min i de fleste marker, idet 95% konfidensintervallet i mark A-E er $\pm 4-7$ kg N pr. ha. (tabel 2). Det betyder, at N-min i marken med 95% sikkerhed ligger i et interval på $\pm 8-14$ kg N pr. ha. Det svarer til $\pm 11-19\%$ af det gennemsnitlige N-min. For mark F og G, hvor spredningen er stor og den gennemsnitlige N-min er lav, er 95% konfidensintervallet bredt (tabel 2) og udgør så meget som 33-42 pct. af den gennemsnitlige N-min.

Tabel 2. Gennemsnitligt N-min og 95 pct. konfidensinterval for N-min i hver mark.

Mark	Gennemsnit	95% Konfidensinterval
A	23	$\pm 4,3$
B	42	$\pm 6,3$
D	42	$\pm 6,3$
E	65	$\pm 6,9$
F	30	$\pm 12,5$
G	25	$\pm 8,3$
H	44	$\pm 8,2$

Resultaterne af prøvetagningerne i enkeltmarker illustrerer, at der er en relativt stor usikkerhed på en enkelt N-min prøve, og at N-min i en enkelt mark er relativt usikkert bestemt, med mindre der udtages mange N-min prøver. Det betyder, at en regulering efter N-min, ikke kan foretages på markniveau. Hvis der på bedriftsniveau udtages N-min prøver for hver 5 ha, vil det på en bedrift på 200 ha i omdrift betyde, at der udtages ca. 40 prøver. Med 40 prøver vil bedriftens gennemsnit være relativt sikkert bestemt, ligesom landmanden vil opnå relativt sikre tal for N-min de væsentligste afgrødekombinationer på bedriften.

Praktiske forhold ved prøveudtagning

Prøvetagningen på demonstrationsejendommene har belyst, hvilke praktiske forhold der gør sig gældende i forhold til N-min prøvetagning. Desuden kan vi ud fra erfaringerne med den praktiske prøvetagning anslå en pris for prøvetagning, og dermed estimere, hvor stort det økonomiske potentiale i en regulering efter N-min er.

Udtagningsstrategi: Som diskuteret ovenfor, har projektet vist, at der bør tages en N-min prøve på 16 stik for hver 5 ha på en ejendom. Ved udtagning af hver N-min prøve kan der vælges mellem tre prøvetagningsstrategier, nemlig 16 stik fordelt tilfældigt i marken, 16 stik udtaget i et net-mønster, eller 16 stik taget på en linje eller transekt taget på skrå af markens længderetning. Projektet har vist, at prøvetagning i et net-mønster giver den bedste repræsentation af N-min i marken, men prøvetagning på en linje er kun lidt ringere. I praksis er det dog ikke muligt at udtage prøver på tilfældige steder eller i et net mønster i marken, fordi det vil medføre, at der skal køres væsentligt mere i marken. Derfor er anbefalingen, at N-min prøverne skal tages på en linje i marken.

Graveforespørgsel: Ved udtagning af jordprøver til mere end 40 cm dybde, er det et lovkrav at indhente oplysninger om rør og ledningsinstallationer der kan være ført gennem marken. Disse oplysninger skal indhentes hos ledningsejerregisteret (LER). Behandlingstiden for en graveforespørgsel hos LER er op til 5 arbejdsdage. Hver forespørgsel i LER koster 0,011 kr. pr. m². En typisk prøvetagningslinje på 300 m længde med en buffer på 20 m til hver side vil således koste ca. 66 kr. i LER forespørgsel. Ledninger og rør føres ofte i vejkant eller skel, men i projektet er der ved LER forespørgsler fundet ledninger der er ført midt gennem marker. Herunder et enkelt tilfælde med et 10 kV kabel, der var ført på tværs af en af de prøvetagede marker. Det er derfor vigtigt at LER forespørgslen foretages, for at sikre entreprenørens sikkerhed.

Færdsel i mark: N-min prøverne skal udtages i perioden oktober til november i alle landmandens marker. Dvs. både marker med stubjord, efterafgrøder, og marker tilsået med vinterafgrøder. Prøverne udtages med en borerig monteret på et let køretøj som f.eks. en Gator. Erfaringerne fra projektet viser, at det selv med lette køretøjer kan være vanskeligt at færdes i markerne i dage med megen regn. Det gælder særligt på lerjord, hvor jordoverfladen bliver meget fedtet. Kørsel på regnvejrsdage, eller før overfladen er tørre op efter regn, kan resultere i markskade i vintersæd på lerjord. Også fastkørsler i lavninger kan være et problem i våde efterår (se billede 1). Llimanormalen 1961 – 1990 angiver at der i denne periode i gennemsnit blev registreret 11 dage med nedbør i november, men antallet af nedbørsdage kan variere meget. I det meget våde efterår 2017, er der således registeret mellem 17 og 27 nedbørsdage på de forskellige klimastationer i Danmark, og i dette år vil det således være meget udfordrende at få udtaget N-min prøver rettidigt, uden at forårsage markskade.

Billede 1. Fastkørsel og markskade under prøvetagning på JB6.



Omkostninger og økonomisk potentiale

Omkostninger ved prøvetagning efter N-min metoden er opgjort i tabel 3. Der er taget udgangspunkt i en bedrift på ca. 200 ha, hvor der således skal udtages ca. 40 N-min prøver.

Tabel 3. Udgifter til prøvetagning på en ejendom på 200 ha.

Udgift	Timer	Time pris, kr. pr. time	Pris, kr.
Planlægning af udtagning – kortlægning af udtagningslinjer og GIS fil til LER forespørgsel.	8	700	5.600
Graveforespørgsel i LER, 200 m x 20 m x 0,011 kr. pr. m ² x 40 stk.			1.760
Prøvetagning inkl. kørsel og forsendelse (2½ time pr. prøve)	100	700	70.000
Analyseomkostninger (70 kr. pr. prøve)			2.800
Opgørelse af analyse resultater – databehandling (specialist)	4	900	3.600
Samlet pris ved prøvetagning på 200 ha			83.760
I alt pr. prøve			2.094
Pris pr. ha			419

Det fremgår af tabel 3, at udgifterne til prøvetagning er ca. 420 kr. pr. ha på en ejendom. Heraf udgør udgifter til LER forespørgsel, kemisk analyse, og dataopgørelse ca. 70 kr., og selve den fysiske prøvetagning i marken udgør således ca. 80 pct. af omkostningerne. Det er dog også udgifterne til den fysiske prøvetagning der er anslået med den største usikkerhed. Denne udgift er bl.a. påvirket af arronderingen er på ejendommen, idet store sammenhængende marker der ligger tæt på hinanden vil være billigere at prøvetage, fordi prøvetageren ikke skal flyttes på trailer mellem hver mark. Derimod vil ejendomme med mindre marker, der ligger spredt være dyrere at prøvetage på grund af kørsel mellem marker. Hvis flere naboejendomme i skal prøvetages samtidig, kan det også reducere prisen. Hvis man regner med, at timeforbruget pr. prøve kan reduceres til 2 time pr. prøve er prisen for at prøvetage en ha ca. 350 kr.

I den ovenstående beregning er det antaget at entreprenøren afholder udgifter til løn og forsikring for prøvetageren, forbrugsvarer, afskrivning og reparation af udstyr, herunder borerig, Gator, samt bil med trailer etc. Desuden er der regnet med, at entreprenøren ikke får betaling for dage hvor der ikke kan køres i marken. Med tanke på de praktiske erfaring med prøvetagning i dette projekt, forekommer det ikke realistisk, at timepris og timeforbrug kan reduceres under det niveau der er antaget i tabel 3.

For at undersøge, om en regulering efter N-min, kan være en god forretning for landmanden, kan udgifterne til prøvetagning sammenlignes med den potentielle besparelse for landmanden. Under den nuværende regulering må landmanden gøde optimalt, men skal til gengæld have en række efterafgrøder.

Tabel 4. Omkostninger ved dyrkning af efterafgrøder ved efterafgrøde krav på henholdsvis 10 pct. og 20 pct. i en situation hvor efterafgrøderne ændrer sædskiftet fra vintersæd til vårsæd, og i en situation hvor efterafgrøderne ikke har indflydelse på sædskiftet.

Efterafgrøde krav	Omkostning pr. ha efterafgrøde uden sædskifteændringer, kr.	Omkostning pr. ha efterafgrøde med sædskifteændringer, kr.	Omkostning pr. ha på bedriften uden sædskifte ændringer	Omkostning pr. ha på bedriften med sædskifte ændringer
10%	500	2.500	50	250
20%	500	2.500	100	500

Som det fremgår af tabel 4 er omkostningerne til efterafgrøder i størrelsesordenen 50 – 500 kr. pr. ha afhængigt af efterafgrødekravet, og om efterafgrøderne nødvendiggør ændringer i bedriftens sædskifte. Hvis man ved at måle N-min kan vise, at man kan klare sig med halvdelen af de nuværende efterafgrøder, vil gevinsten være 25-250 kr. pr. ha. Men da prisen for at måle N-min er ca. 350 – 420 kr. vil en regulering efter N-min resultere i et netto tab på 100 – 400 kr. pr. ha. Det kan altså ikke betale sig at anvende målinger af N-min på bedriftsniveau som erstatning for de generelle efterafgrødekrav.

Konklusion

GUDP projektet emissionsbaseret kvælstof- og arealregulering har demonstreret, at det er muligt at måle N-min på bedriftsniveau og beregne en udvaskning ud fra målingerne. Projektet har dog også illustreret, at der er en række udfordringer knyttet til den praktiske prøvetagning på bedrifterne. Endelig viser projektet, at prøvetagning er dyrt (350-420 kr. pr. ha), og at omkostningerne ikke kan betales af de potentielle gevinster, selv ikke hvis målingerne viser, at landmanden kan halvere antallet af efterafgrøder på sin bedrift.