

Næringsstofbalancer i økologiske vårbygmarker

Af Margrethe Askegaard, Ecoviden, og Sven Hermansen, SEGES

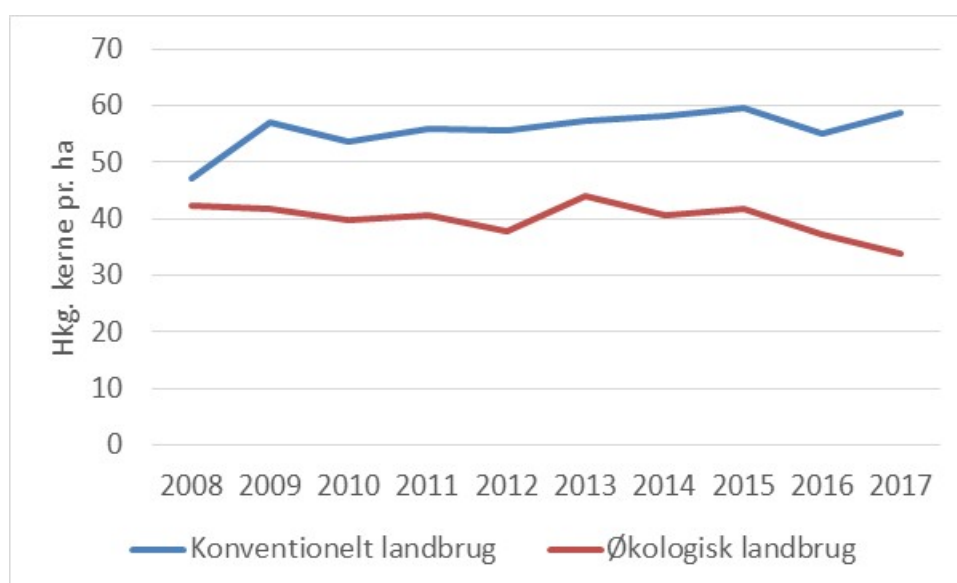
Første års undersøgelser i økologisk vårbyg viser at kvælstof er udbyttebegrænsende, at koncentrationen af svovl i bladprøver er kritisk lav, og at magnesium også optræder i lave koncentrationer i mange marker.

Selvom der er produceret meget viden om hvordan de dyrkningsmæssige forhold kan optimeres, så ligger udbytterne i de økologiske marker ofte for langt under potentialet. Det er træls i forhold til landmandens økonomi og uheldigt i forhold til den langsigtede bæredygtighed. Der kan være flere årsager til det, men ifølge en interviewundersøgelse blandt økologikonsulenterne er den vigtigste årsag de økologiske afgrøders mangel på næringsstoffer (LandbrugsInfo, 2017).

I 2018, og vi fortsætter i 2019, har vi forsøgt at komme et spadestik dybere i forhold til næringsstofforsyningen. Vårbyg, som er den mest dyrkede økologiske salgsafgrøde, er brugt som testafgrøde. Arbejdet udføres som del af projektet "NutHY", som er nærmere beskrevet i faktaboks 3 sidst i artiklen.

Stagnerende udbytter i vårbyg

Nu skal økologer ikke vurderes i forhold til konventionel produktion, men alligevel er det relevant at se på udviklingen af udbytter i afgrøder dyrket henholdsvis økologisk og konventionelt. Figur 1 viser et udtræk fra Danmarks statistik (2018) af 10 års udbytter i vårbyg registreret fra 2008 til og med 2017. På trods af mange års forskning ser vi ikke stigning i de økologiske udbytter, måske tværtimod. Der vil selvfølgelig altid være store variationer i udbytterne afhængig af sædskifte, geografisk beliggenhed, jordtype og klima. Det kom også tydeligt frem i vores undersøgelser i 2018.



Figur 1. Udvikling af udbytter i økologisk og konventionelt dyrket vårbyg (Danmarks statistik, 2018)

Merudbytter for ekstra N-gødning i markforsøgene, men stor variation

Der er gennemført seks forsøg i økologiske vårbygmarker med tilførsel af to mængder af Øgro 10-3-1, henholdsvis 500 og 1000 kg pr. ha, oven i landmandens egen tilførsel af gylle. Som gennemsnit af de seks markforsøg var der et sikkert merudbytte på 5 hkg kerne pr. ha ved at supplere med 500 kg Øgro 10-3-1 pr. ha. Der var til gengæld ikke merudbytte for at tilføre yderligere Øgro.

Der var heller ikke merudbytte for ekstra tilførsel af svovl, kalium og magnesium i Kaliumsulfat 41S og Kiserit. Derfor kan vi med ret stor sikkerhed sige, at det var kvælstof, der var den begrænsende faktor blandt næringsstofferne.

Behandlingerne i markforsøgene er kort beskrevet i faktaboks 1. Og resultaterne for 2018 er også afrapporteret i Oversigten (2018).

I denne artikel splitter vi tallene lidt mere op. Det er fordi, at der var store forskelle mellem forsøgene i udbytteresponsen på den supplerende gødning. Og selvfølgelig spiller tørken en stor rolle i de marker, der ikke kunne vandes.

FAKTABOKS 1. Behandlingerne i alle seks markforsøg anlagt *oveni* landmandens almindelige tilførsel af gødning:

Gødninger	Led 1	Led 2	Led 3	Led 4
	kg pr. ha			
Øgro 10-3-1	0	500	1000	0
Kaliumsulfat 41S	0	120	120	120
Kiserit	0	150	150	150

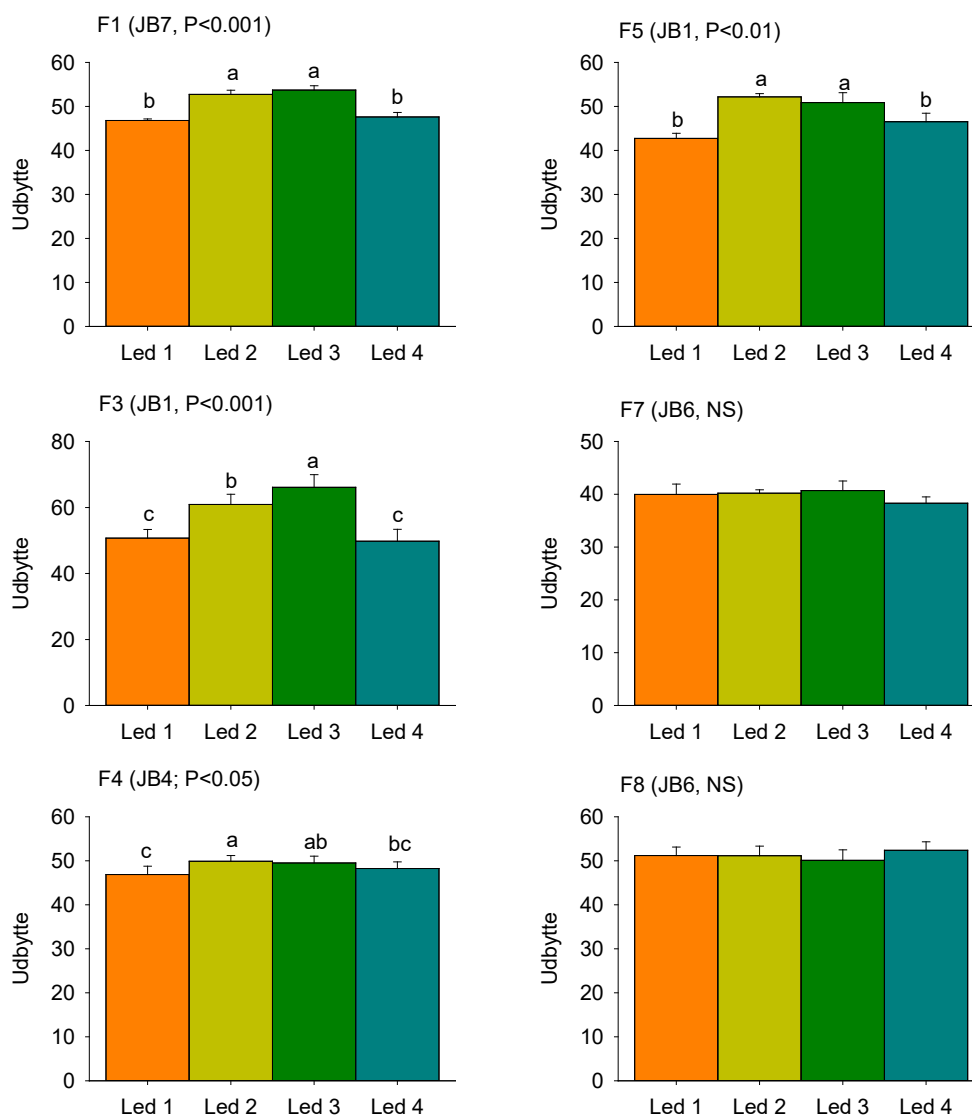
Indhold af næringsstoffer	Led 1	Led 2	Led 3	Led 4
	kg pr. ha			
Total-N	0	50	100	
Fosfor	0	13	26	
Kalium	0	55	60	50
Svovl	0	54	57	52
Magnesium	0	24	25	23

Forsøgene var anlagt som randomiserede blokforsøg med fire gentagelser i marker, hvor der ikke havde været kløvergræs som forfrugt eller forforfrugt.

Øgro blev udbragt med såmaskine i perioden mellem såbedsharvning til senest to dage efter såning af vårbyggen. Øgro skal nedbringes i jorden, da gødningen er et attraktivt foder til fugle. De mineralske gødninger blev spredt oven på jorden.

Jordbundsanalyser: Fosfor- og kaliumtallene i de fleste af markerne var middel til høje. Kun i forsøg 001 var fosfortallene lave (1,6-2,1). Magnesiumtallene var overvejende middelhøje og reaktionstallene lave-middelhøje.

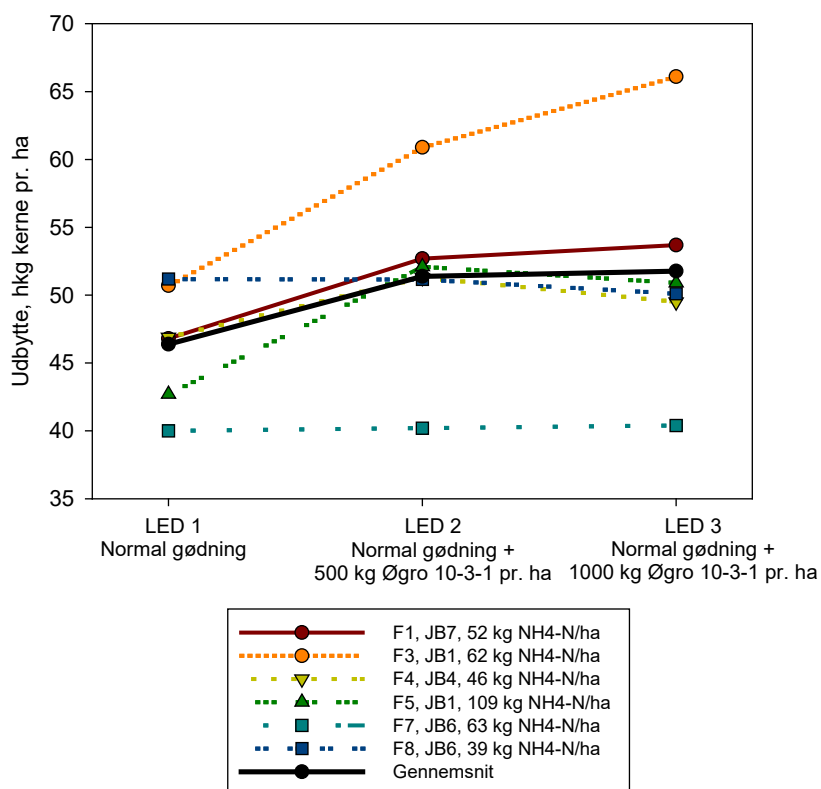
Udbytter i de fire behandlinger og for hver af de seks forsøgsmarker er vist i figur 2. Der var statistisk sikre forskelle mellem led 1 (landmandens egen gødning) og led 2 (tilførsel af 500 kg Øgro 10-3-1 pr. ha) i 4 af de seks forsøgsmarker, og i et markforsøg (F3) var der yderligere signifikant effekt af at tilføre 1000 kg Øgro 10-3-1 pr. ha. De to forsøg, F3 og F5, på grovsandet jord var begge vandet.



Figur 2. Udbytter i vårbyg i de seks forsøgsmarker (F1, F3, F4, F5, F7 og F8) og ved de fire forskellige tilførsler af gødning som beskrevet i faktaboks 1. Behandlingerne er sammenlignet inden for hver forsøgsmark, og hvis de indsatte bogstaver er forskellige betyder det, at der er sikker forskel mellem behandlingerne.

Landmændenes tilførsel af gylle varierede fra 20-44 ton pr. ha og fra 39-109 kg ammonium-N pr. ha. Udbytterne ved landmændenes egne gødningstilførsler lå mellem 40 og 51 hkg pr. ha med et gennemsnit på 46 hkg pr. ha. Det er noget højere end udbytterne for økologisk landbrug vist i figur 1.

Figur 3 viser de samme udbyttedata, men kun for led 1, 2 og 3. og med indsat gennemsnit. Det giver et godt billede af variationerne mellem forsøgssteder og mellem udbytteresponser for den yderligere N-tilførsel i øgro.



Figur 3. Udbytter i vårbyg dyrket ved stigende mængder kvælstofgødning i Øgro 10-3-1 i seks forskellige forsøgsmarker i Danmark (F1, F3, F4, F5, F7 og F8). Normalgødningen med gylle varierede fra 39 til 109 kg ammonium-N (NH₄-N) pr. ha, med et gennemsnit på 62 kg pr. ha. Den sorte linje angiver gennemsnittet af de seks forsøg.

Standard N-responser og virkeligheden er ikke det samme i 2018

Når den økologiske planteavler skal vurdere, om det kan betale sig at tilføre ekstra gødning til en mark, er det relevant at regne på de forventede udbytteresponser pr. kg tilført udnyttet-N i gødningen. I tabel 1 ses de normalt anvendte standard-udbytteresponser som tidligere er udarbejdet af SEGES, Økologi, Økologisk Landsforening og Niels Tvedegaard, Københavns Universitet. Ved disse beregninger sættes typisk lighedstegn mellem udnyttet-N og ammonium-N.

Tabel 1. Standard udbytteresponser ved tilførsel af gødning (udnyttet-N) til vårsæd. Responserne gælder for både sand og lerjorde.

Interval, kg udnyttet-N pr. ha	0-50	50-100	100-150	150-200
Kg kerne pr. kg udnyttet N	20	10	3	0

Vi kender ikke den aktuelle N-udnyttelsen af Øgro, men antager, at den er 70 pct., der er den N-udnyttelse som Øgro skal indgå med i gødningsregnskabet. Det betyder, at der i forsøget er tilført henholdsvis 35 og 70 kg udnyttet-N pr. ha oven i landmandens egen gødning.

I tabel 2 har vi beregnet de forventede udbytte-responserne for hver af de seks markforsøg, når der tilføres yderligere 35 kg udnyttet-N pr. ha i Øgro oven i landmandens egen gødningstilførsel. Og så har vi sammenlignet med de faktiske responser, der er opnået ved at supplere med 35 kg udnyttet-N pr. ha i Øgro.

Tabel 2. Forventede og målte udbytteresponser for tilførsel af 35 kg udnyttet-N pr. ha i Øgro 10-3-1 i de seks markforsøg oven i landmandens egen tilførsel af gylle.

Markforsøg	Vanding	Landmandens egen tilførsel i gylle	Forventet respons	Målt respons
		kg udnyttet-N pr. ha	kg kerne* pr. kg udnyttet-N	
F1	-	52	10	17
F3	+	62	10	29
F4	-	46	10	13
F5	+	109	3	27
F7	-	63	10	1
F8	-	39	10	0

*85 pct. vandindhold.

Der var store forskelle; fra ingen respons på de to uvandede lerjorde (markforsøg F7 og F8) til en respons på 29 kg kerne pr. kg udnyttet-N i markforsøg F3, og 27 kg kerne pr. kg udnyttet-N i markforsøg F5. Begge markforsøg F3 og F5 lå på vandede sandjorde.

Med udgangspunkt i de normale reference-respons-værdier vist i tabel 1, så har responserne i markforsøgene F1, F3 og F5 været betydeligt højere end man kunne forvente. Når der ikke mangler vand og når angreb af sygdomme og skadedyr er næsten fraværende viser resultaterne for markforsøg F1 og F3, at væksten i høj grad var begrænset af kvælstof ved landmændenes egne tilførsler af gylle. I markforsøg F5 var marken gødet med 109 kg udnyttet-N pr. ha i gylle, hvorfor responsen ifølge referenceværdierne burde have været meget lav ved yderlig tilførsel. Men responsen var på 27 kg kerne pr. En forklaring på dette var sandsynligvis en meget lav jordfrugtbarhed i den pågældende forsøgsmark og dermed et en generelt høj respons på gødningstilførsel.

Kritiske værdier af mineralindhold i bladanalyser fortæller, at der kan være udbyttestab selvom der ikke ses symptomer

Analyser af mineralstofsammensætningen i de grønne friske blade kan give en god fornemmelse af hvordan det står til med balancen i næringsstofforsyningen til en mark. Men for at analyserne kan anvendes, er det vigtigt at de er udtaget korrekt.

Der blev udtaget bladanalyser i de seks markforsøg i alle fire led og herudover også i 19 forskellige økologiske vårbygmarker placeret rundt i landet. Endelig udtog vi prøver i vårbyg i udvalgte behandlinger i de langvarige gødningsforsøg på Askov forsøgsstation, Aarhus Universitet. Askov-forsøgene er ikke økologiske og giver derfor mulighed for at isolere de mere ekstreme effekter af mangel på henholdsvis kvælstof, fosfor og kalium (se faktaboks 2). Til sammenligning brugte vi resultaterne fra en serie af bladanalyser udtaget fra 132 konventionelle vårbygmarker i perioden 2007 til 2012 (Oversigten, 2012). For alle analyser gælder, at de som hovedregel er udført på det senest fuldt udviklede blad og så tæt på vækststadiet 31 som muligt. Det er når første knæ er synligt og/eller kan mærkes.

Til vurdering af om de målte værdier er kritiske, lave eller høje anvendes referenceværdierne i tabel 3. De kritiske værdier defineres typisk som den værdi, hvor udbyttet netop er 90 pct. af det optimale. De visuelle symptomer optræder først et godt stykke under den kritiske værdi (pers. medd. Søren Husted, Københavns Universitet).

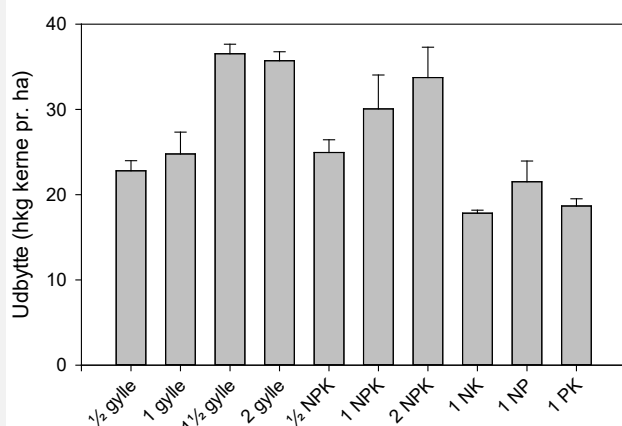
FAKTABOKS 2

På Askov Forsøgsstation har Aarhus Universitet en helt unik forskningsfacilitet i form af de langvarige gødningsforsøg, som blev anlagt tilbage i 1894. Forsøgene omfatter en række fastliggende serier med forskellige tilførsler af husdyrgødning (GY) og handelsgødning. I vores undersøgelser udtog vi bladprøver i vårbyg på Lermarken (JB5) fra følgende langvarige behandlinger:

Behandling	Total-N	P	K
	kg pr. ha		
0,5 GY	51	9	47
1 GY	102	17	94
1,5 GY	153	26	141
2 GY	204	35	188
0,5 NPK	50	10	40
1 NPK	100	20	80
2 NPK	200	40	160
1 NK	100	0	80
1 NP	100	20	0
1 PK	0	20	80

Gødningen til vårbyg blev givet som kvæggylle med ca. 60 pct. ammonium-N. Det betyder, at behandlingen "1GY" ligger tæt på den almindelige tilførsel af kvælstof til de økologiske marker vårbygmarker.

Kerneudbytter (85% vand) i 2018 (Gennemsnit af 2-4 gentagelser)
(pers. medd. Henning C. Thomsen, Askov Forsøgsstation)



Du kan læse mere om Askovforsøgene i DCA-rapport af Christensen og Thomsen (2014).

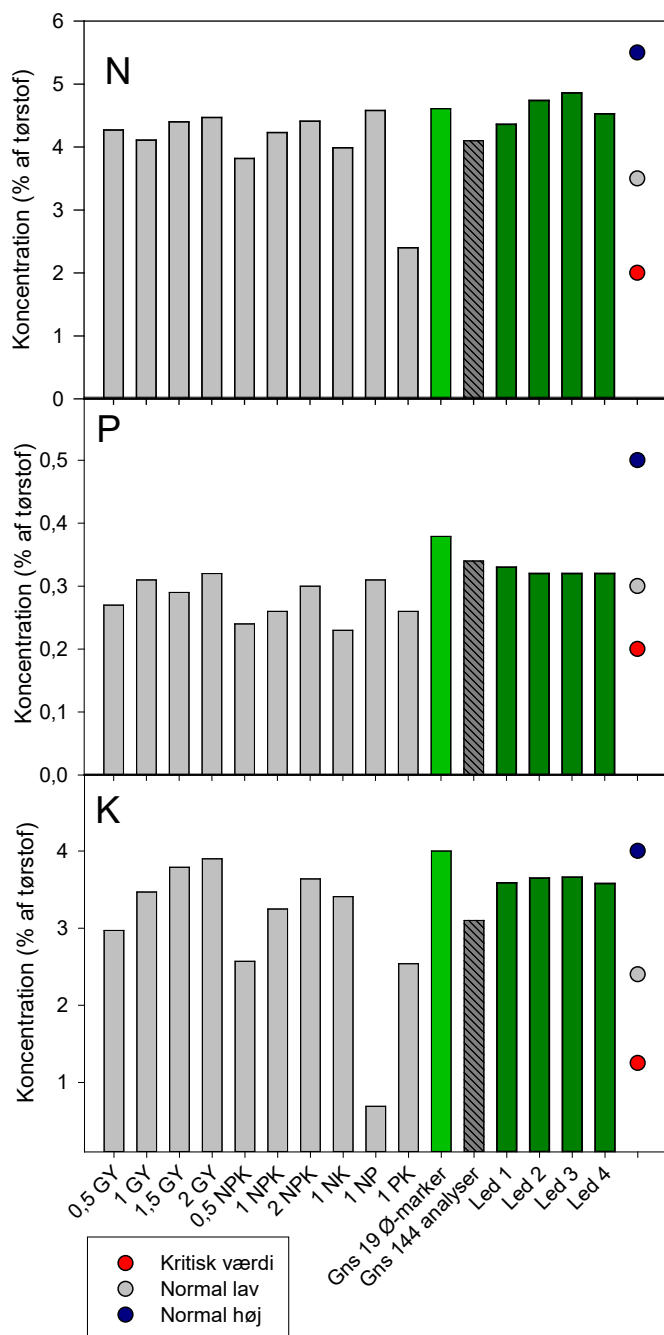
Tabel 3. Referenceværdier for bladanalyser i vårbyg (pers. medd. Søren Husted, Københavns Universitet)

Næringsstof	Enhed	Kritisk værdi	Normalområde		
		Mangel	Lav	Middel	Høj
N	%	2,0	3,5	4,5	5,5
P	%	0,20	0,30	0,40	0,50
K	%	1,3	2,4	3,2	4,0
Ca	%	0,10	0,20	0,60	1,00
Mg	%	0,1	0,15	0,23	0,30
S	%	0,10	0,15	0,28	0,40
Fe	ppm	10	25	63	100
Mn	ppm	12	25	63	100
Zn	ppm	10	15	43	70
Cu	ppm	2	5	8	10
B	ppm	2	5	8	10
Mo	ppm	0,05	0,10	0,30	0,50

Resultater af bladanalyser fra de forskellige forsøg og marker

I figurerne 3-7 viser vi resultaterne fra bladprøverne udtaget i Askovforsøgene (grå), i de 19 økologiske vårbygmarker (gennemsnit; lysegrøn), i de konventionelle vårbygmarker (gennemsnit; gråstribet) og i de 6 økologiske markforsøg (gennemsnit; mørkegrøn). Alle analyserne sammenlignes med referenceværdierne hvor rød plet er kritisk lav, grå plet er lav og blå plet er høj.

Da prøverne blev udtaget sidst i maj omkring stadie 31, havde tørken ikke for alvor slået igennem og resultaterne giver derfor et godt billede af byggens næringsstofforsyning.



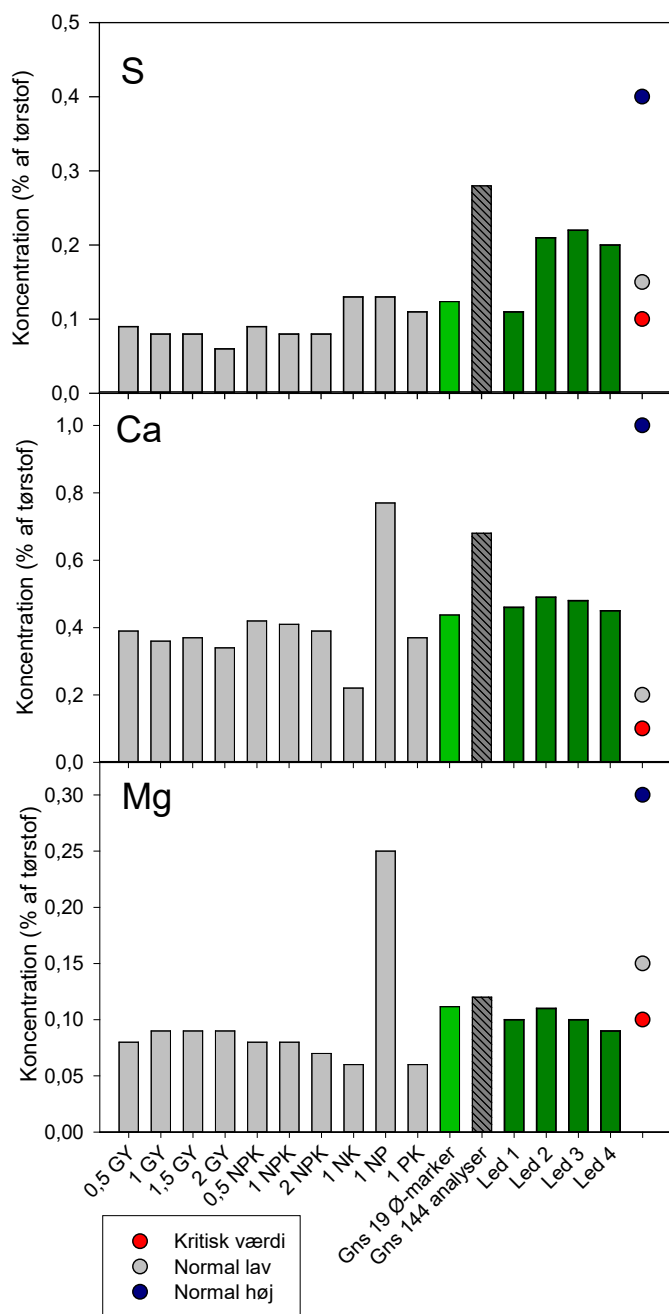
Figur 3. Sammenligning af koncentrationer af kvælstof (N), fosfor (P) og kalium (K) i bladprøver af vårbyg.

Hvad ser vi?

N: De forskellige behandlinger og analyser ligger ret ensartet. Undtagelsen er behandlingen 1 PK på Askov, hvor der ikke tilføres kvælstof og N-niveauer derfor også er meget lavt.

P: Analyserne er ret ensartede. Det kan undre at Askovbehandlingen 1NK ikke ligger lavere, da afgrøder er stærkt P-manglende. Det indikerer at de fastsatte grænseværdier er vejledende og påvirket af flere faktorer end blot jordens fosfor-status.

K: Kaliumforsyningen til de 19 økologiske vårbygmarker ser ud til at være i orden (se dog også variationerne i figur 9). I Askov-behandlingen 1 NP, som ikke har fået tilført kalium i en lang årrække, er koncentrationen forventeligt meget lav.



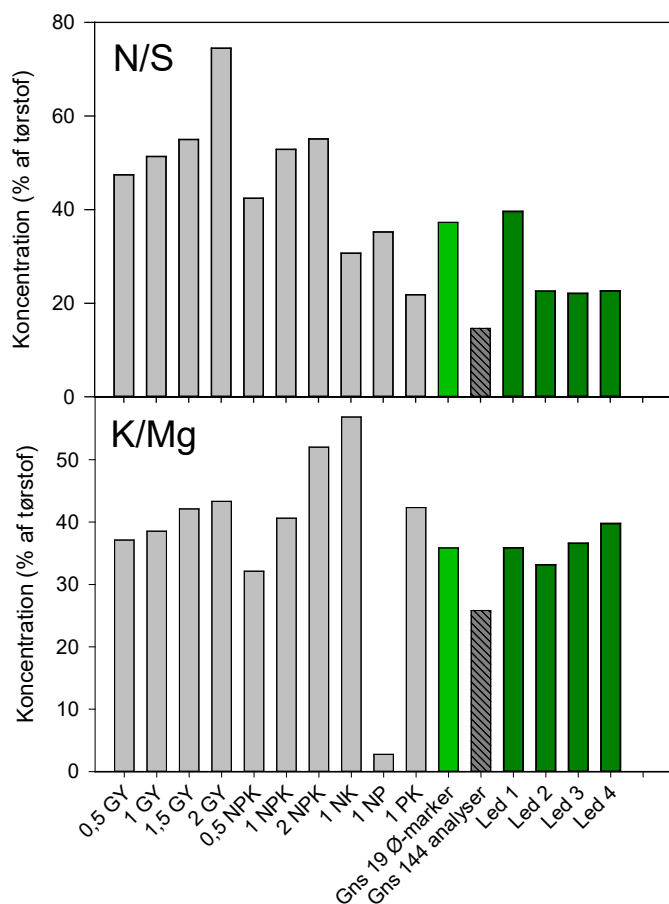
Figur 4. Sammenligning af koncentrationer af svovl (S), calcium (Ca) og magnesium (Mg) i bladprøver af vårbyg.

Hvad ser vi?

S: I de økologiske markforsøg (mørkegrøn) er der en klar positiv effekt af tilførsel af svovl til led 2, 3 og 4 i modsætning til led 1 hvor koncentrationen er kritisk lav. Her er der udelukkende er gødet med husdyrgødning. Samme tæt-på-kritiske niveau finder vi i gennemsnittet de 19 økologiske marker (lysegrøn). Variationen mellem de 19 marker ses i figur 8. Vårbyggen i Askovforsøget (grå) var ikke tilført svovl da prøverne blev udtaget. Se også N/S forhold i figur 5.

Ca: Koncentrationerne i bladprøverne fra de økologiske marker/forsøg er ret ensartet. Konkurrenceforholdet mellem calcium og kalium bliver meget tydeligt i Askovbehandlingen 1NP. Her tilføres der ikke kalium, hvilket giver god plads til optagelse af calcium.

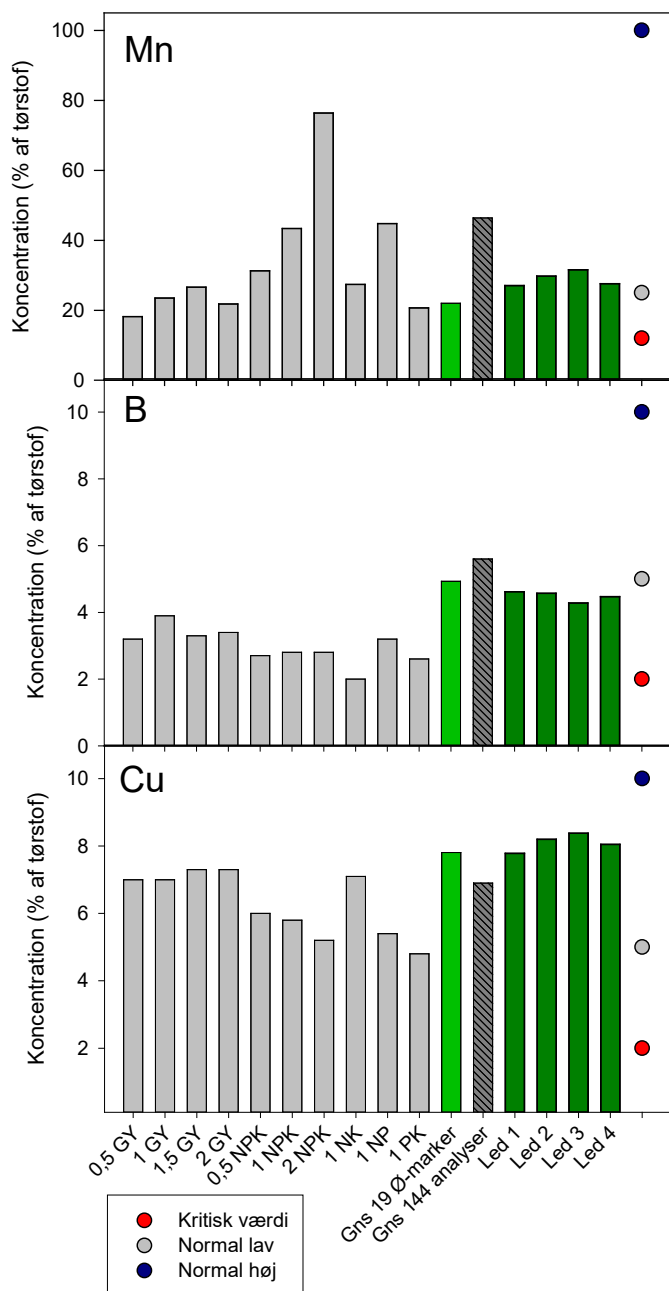
Mg: Her har vi samme billede som for calcium med en "høj" koncentration i NP-behandlingen, og ret lave koncentrationer i alle de øvrige behandlinger/marker. Generelt vil høje koncentrationer af kalium, ammonium-N og/eller calcium hæmme planters optagelse af magnesium.



Figur 5. Sammenligning af N/S og K/Mg forhold i bladprøver af vårbyg.

Tolkningen af N/S og K/Mg-forholdene i forhold til risiko for udbyttetab er usikker (pers. medd. Søren Husted, Københavns Universitet).

Derfor viser vi her blot de betydelige forskelle som optræder.



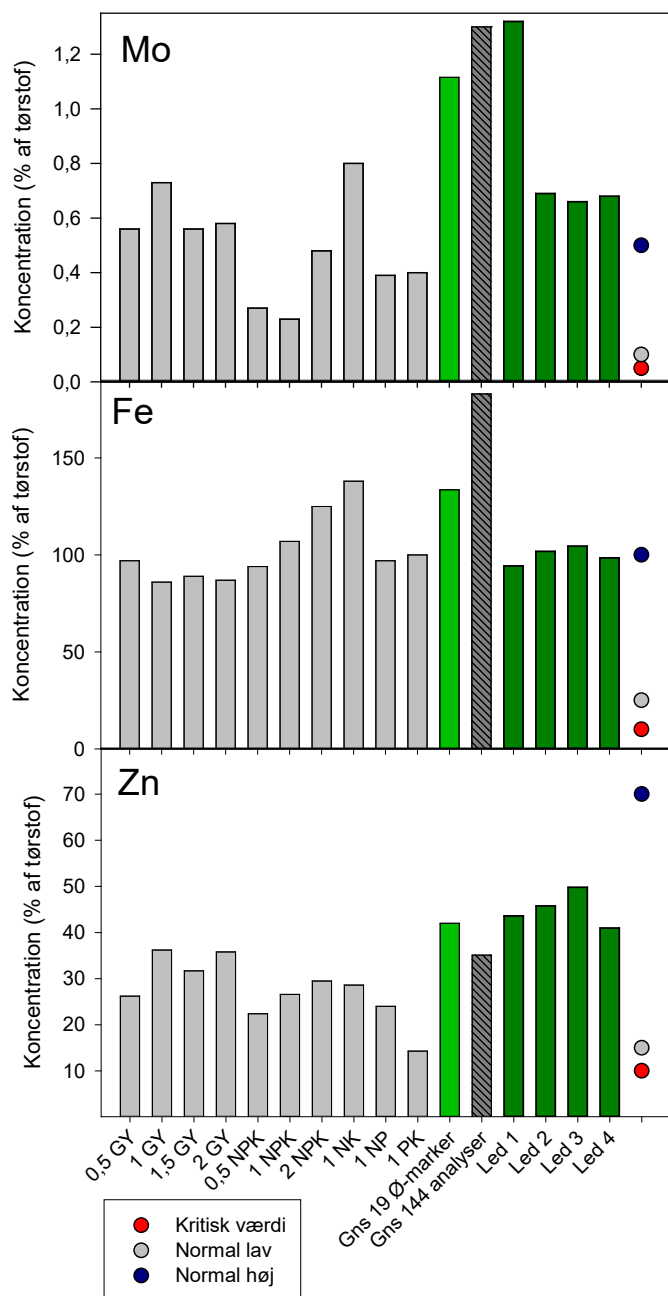
Figur 6. Sammenligning af koncentrationer af mangan (Mn), bor (B) og kobber (Cu) i bladprøver af vårbyg.

Hvad ser vi?

Mn: Alle koncentrationerne ligger over det kritiske niveau, selvom gennemsnittet af de 19 Ø-marker er lavt.

B: Alle de økologiske marker ligger over det kritiske niveau, men er dog alle lave.

Cu: Alle de økologiske marker ligger inden for normalområdet.



Figur 7. Sammenligning af koncentrationer af molybdæn (Mo), jern (Fe) og zink (Zn) i bladprøver af vårbyg.

Hvad ser vi?

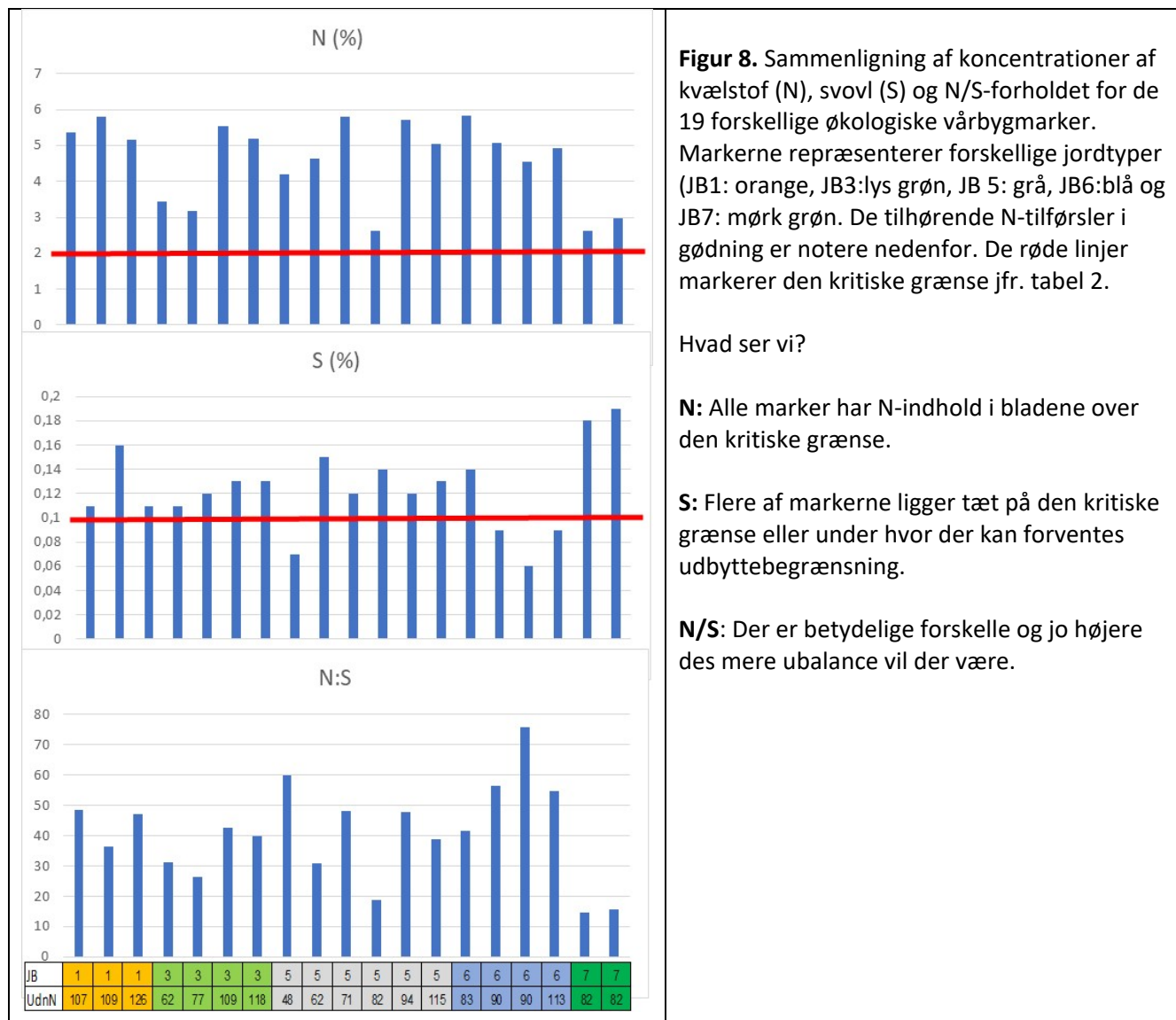
Mo: Koncentrationerne er høje i de økologiske vårbygmarker, men halveres når der i led 2, 3 og 4 gødes med ekstra kalium, magnesium og svovl. Dog er niveauet stadigvæk højt. Årsagen til halveringen er sandsynligvis, at svovlen tilført i led 2-4 optræder som negative sulfat-ioner (SO_4^{2-}), der har en stærk antagonistisk effekt i forhold til optagelse af den negative molybdænforbindelse (MoO_4^{2-}) (Marschner, 1995).

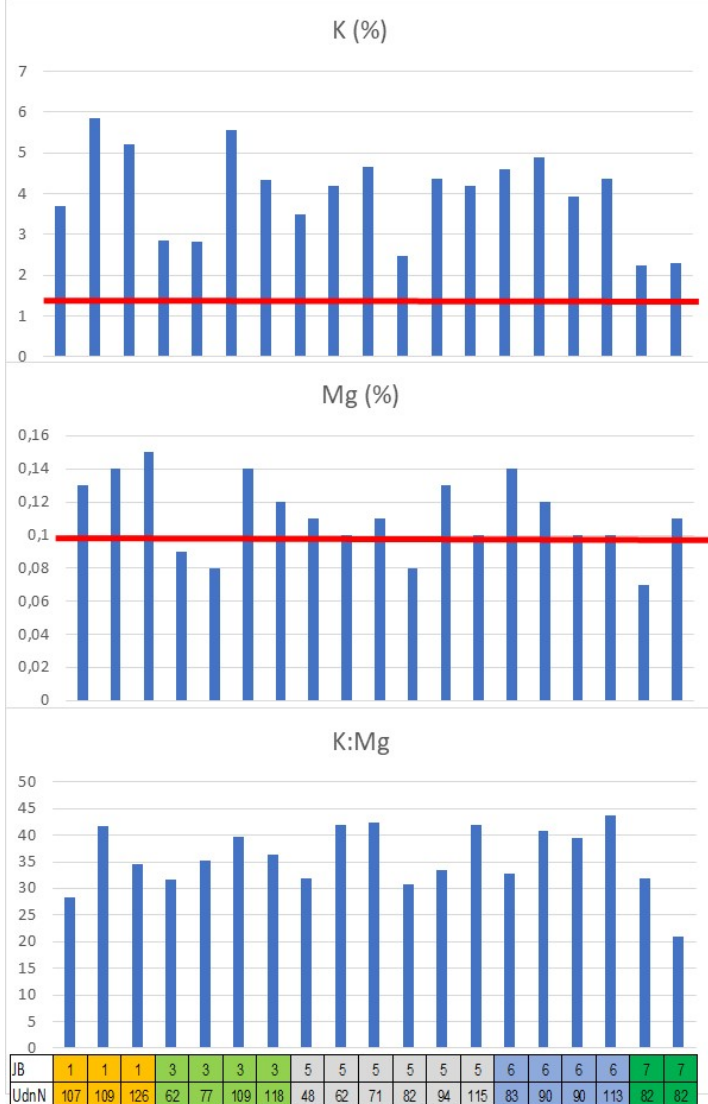
Fe: Alle niveauerne er høje.

Zn: Niveauet i de økologiske marker ligger inden for normalområdet.

Der var stor variation i mineralkoncentrationerne mellem de 19 økologiske marker

De viste gennemsnit af mineralprøverne udtaget i de 19 økologiske vårbygmarker dækkede over store variationer som det ses af figurene 8-10.





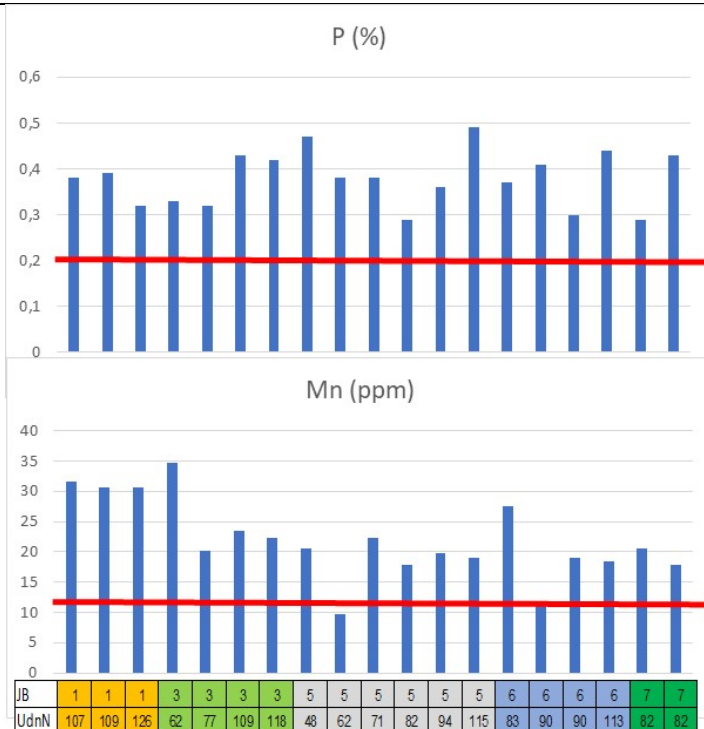
Figur 9. Sammenligning af koncentrationer af kalium (K), magnesium (Mg) og K:Mg-forholdet for de 19 forskellige økologiske vårbygmarker. Markerne repræsenterer forskellige jordtyper (JB1: orange, JB3:lys grøn, JB 5: grå, JB6:blå og JB7: mørk grøn. De tilhørende N-tilførsler i gødning er notere nedenfor. De røde linjer markerer den kritiske grænse jfr. tabel 2.

Hvad ser vi?

K: Alle marker har K-indhold i bladene over den kritiske grænse.

Mg: Flere af markerne ligger tæt på eller under den kritiske grænse, hvor der kan forventes udbyttebegrænsning.

K/Mg: Der er betydelige forskelle. Jo højere værdier des mere ubalance vil der være, da overskud af kalium hæmmer planternes optagelse af magnesium.



Manganmangel der koster mange hkg kerne.

Foto: Margrethe Askegaard

Figur 10. Sammenligning af koncentrationer af fosfor (P) og mangan (Mn) i de 19 forskellige økologiske vårbygmarker. Markerne repræsenterer forskellige jordtyper (JB1: orange, JB3: lys grøn, JB 5: grå, JB6: blå og JB7: mørk grøn. De tilhørende N-tilførsler i gødning er notere nedenfor. De røde linjer markerer den kritiske grænse jfr. tabel 2.

Hvad ser vi?

P: Alle marker har P-indhold i bladene over den kritiske grænse, men en del ligger i den lave ende af normalområdet, som er 0,3 pct. af tørstofindholdet.

Mn: Flere af markerne ligger tæt på eller under den kritiske grænse, hvor der kan forventes udbyttebegrænsning. Flere af markerne var dog sprøjtet med mangansulfat forud for udtagningen af bladprøver.

Forsøgene fortsætter i 2019 – foreløbige OBS-punkter

Der er planlagt tilsvarende markforsøg og udtagning af bladprøver i 2019, så fortsættelse følger. Ud fra dette første år kan vi fremhæve følgende fokusområder:

- Kvælstof var udbyttebegrænsende ved de normale tilførsler af gødning, når der vel at mærke ikke manglede vand.
- Indholdet af svovl i bygplanterne var i flere tilfælde kritisk lavt. Vi kan ikke konkludere at svovl har været udbyttebegrænsende, men der er brug for opmærksomhed på dette næringsstof.
- Fra bladprøverne tyder det på, at magnesium er i underskud. Der tilføres ikke så ofte kalk til de økologiske marker og da magnesium normalt tilføres via magnesiumkalk, kan det være en årsag til det lave niveau.
- Mangan spoger fortsat, og er hvert år skyld i unødvendige og mærkbare udbyttetab.
- Det er tydeligt, og ikke kun i årets resultater, at der er store forskelle på hvordan en given mark responderer på en behandling. Det allerbedste, som en landmand kan gøre for sin egen unikke markdrift, er derfor at supplere de formelle forsøgsresultater med egne tests. Det kan være striber med forskellige gødningsmængder og/eller vinduer, hvor en behandling blot springes over.

FAKTABOKS 3

Undersøgelsen er gennemført som en del af Organic RDD3 projektet "Nutrients for higher organic crop yields" (2017-2020). Projektets korte navn er NutHY, og projektleder er professor Jørgen Eriksen, Aarhus Universitet.

Projektet tager afsæt i den kendsgerning, at de økologiske udbytter, på trods af stor viden om optimering af dyrkningsmæssige forhold, ofte ligger langt under potentialet. Tre væsentlige forklaringer er:

- 1) at tilgængeligheden af de eksisterende næringsstofressourcer ikke er ordentlig afstemt med planternes behov,
- 2) at der på mange bedrifter mangler tilstrækkelige næringsstofkilder, og endelig
- 3) at den allerede eksisterende viden ikke er implementeret tilstrækkeligt ude på bedrifterne.

Du kan læse mere om NutHY på projektets hjemmeside: <http://icrofs.dk/forskning/dansk-forskning/organic-rdd-3/nuthy/>



Projektmøde i marken. Her ses projektleder Jørgen Eriksen (th) og to af projektets engagerede landmænd, Anders Lund (i midten) og Peder Iversen (tv). Resten af projektgruppen står uden for kamerafeltet.

Mødet mellem praksis og forskningen udgør en vigtig brik i projektet.

Referencer:

Askegaard, M. og Hermansen, H. 2017. Konsulenternes erfaringer med udbyttebegrænsende faktorer på de økologiske bedrifter. LandbrugsInfo, 2017.

https://www.landbrugsinfo.dk/Oekologi/Planteavl/Goedskning/Sider/Oe-17-3855I_Konsulenternes-erfaringer-med-udbyttebegrænsende-faktorer.aspx

Christensen, B.T., Thomsen, I.K. 2014. Gødskning gennem 120 år - De langvarige gødningsforsøg ved Askov Forsøgsstation: 1894-2014. DCA-rapport, nr. 43, 2014.

http://web.agrsci.dk/djfpublikation/djfpdf/120%20års%20forsøg_net.pdf

Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Second edition. Academic press.

Miljø- og Fødevarerministeriet, 2018. Statistik over økologiske jordbrugsbedrifter 2017.

https://lbst.dk/fileadmin/user_upload/NaturErhverv/Filer/Tvaergaaende/Oekologi/Statistik/Statistik_oekologiske_jordbrugsbedrifter_2017.pdf

Danmarks statistik, 2018.

<http://www.statistikbanken.dk/statbank5a/selectvarval/define.asp?PLanguage=0&subword=tabel&MainTable=JORD2&PXSid=161770&tablestyle=&ST=SD&buttons=0>

Oversigten, 2012. Gødskning. Tabel 24, side 271. https://www.landbrugsinfo.dk/Planteavl/Landsforsoeg-og-resultater/Oversigten-og-tabelbilaget/Sider/pl_oversigten_2012_afsnit_O_Goedskning.pdf?download=true

Oversigt over Landsforsøgene 2018. Økologiafsnit pp 253-255.

https://www.landbrugsinfo.dk/Planteavl/Landsforsoeg-og-resultater/Oversigten-og-tabelbilaget/Sider/pl_oversigten-over-landsforsoegene-2018.aspx