

Får de økologiske vårbygmarker nok at leve af?

Forfatter: Sven Hermansen^a, Margrethe Askegaard^b

^a Landbrug & Fødevarer, F.m.b.A., SEGES Økologi Innovation, ^b EcoViden

STØTTET AF

Promilleafgiftsfonden for landbrug



Grønt Udviklings- og Demonstrations Program (GUDP)
under Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri.



Projektet er en del af Organic RDD 3 programmet,
som koordineres af ICROFS. Det har fået tilskud fra
GUDP under Fødevareministeriet.

Får de økologiske vårbygmarker nok at leve af?

Det spørgsmål er undersøgt i økologiske marker i markforsøg og gennem bladanalyser i vårbygmarker rundt omkring i landet.

Udgangspunktet for undersøgelsen var en konstatering af

- at de økologiske udbytter var for lave i forhold til potentialet.
- at hovedmistanken var på forsyningen med næringsstoffer.

Vi valgte vårbyg som testafgrøde og følgende kan konkluderes:

Hovedresultater fra markforsøg (2018-19):

- Kvælstof var udbyttebegrænsende med en gennemsnitlig respons på 11 kg kerne pr. kg udnyttet-N, når der blev suppleret med 35 kg udnyttet N pr. ha oven i landmandens egen tilførsel af gylle, som i gennemsnit var 58 kg ammonium-N pr. ha (=udnyttet N).
- Der blev ikke registreret sikre merudbytter for supplerende tilførsel af en blanding af kalium, svovl og magnesium, men der var en tendens.

- Der var store forskelle i responser på gødningstilførslen mellem forsøgsstederne.

Hovedresultater fra bladanalyser (2018-20):

- Koncentrationen af svovl var i et ud af tre år kritisk lav i flere økologiske vårbygmarker, og sandsynligvis har svovl været udbyttebegrænsende i de pågældende marker.
- Magnesium optrådte i kritisk lave koncentrationer i mange marker, og bør derfor have større opmærksomhed. Det bekræftes i undersøgelse af jordprøver fra økologiske bedrifter, hvor 25% af prøverne lå under det anbefalede niveau på 4-8 for magnesiumtal (Hermansen, 2020)
- Mangan optrådte med kritiske niveauer i flere marker, og flere steder var der visuelle symptomer på mangel.
- Der var ret lave koncentrationer af bor, hvilket gør det relevant at kigge nærmere på betydningen af dette næringsstof i økologisk korn.
- Der var ikke kritiske koncentrationer af de øvrige undersøgte næringsstoffer.
- Der var generelt store forskelle i mineralkoncentration mellem de undersøgte marker.

Merudbytter for supplerende kvælstof oven i landmandens egen tildeling



Der er i 2018-19 gennemført i alt 10 markforsøg i økologisk vårbyg. Her blev der oven i landmandens egen tilførsel af gylle suppleret med henholdsvis 500 og 1000 kg pr. ha i Øgro 10-3-1 samt med svovl (S), kalium (K) og magnesium (Mg) i Kaliumsulfat 41S og Kiserit.

Behandlingerne i alle 10 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.

Landmændenes egen N-tilførsel af gylle lå som gennemsnit af de 10 marker på 58 kg NH₄-N pr. ha. Der var et sikkert merudbytte på 4 hkg kerne pr. ha ved at supplere med 500 kg Øgro 10-3-1 pr. ha (Tabel 1). Ved en antaget N-virkning af Øgro på 70% svarer det til en udbytterespons på 11 kg kerne pr. kg udnyttet N. Der var ikke merudbytte for at tilføre yderligere Øgro, men til gengæld en sikker stigning i indhold af råprotein fra 10,8 til 11,7 pct.

Der var ingen statistisk sikre merudbytter for ekstra tilførsel af blandingen af svovl, kalium og magnesium, men der var en tendens til merudbytte i begge forsøgsår.

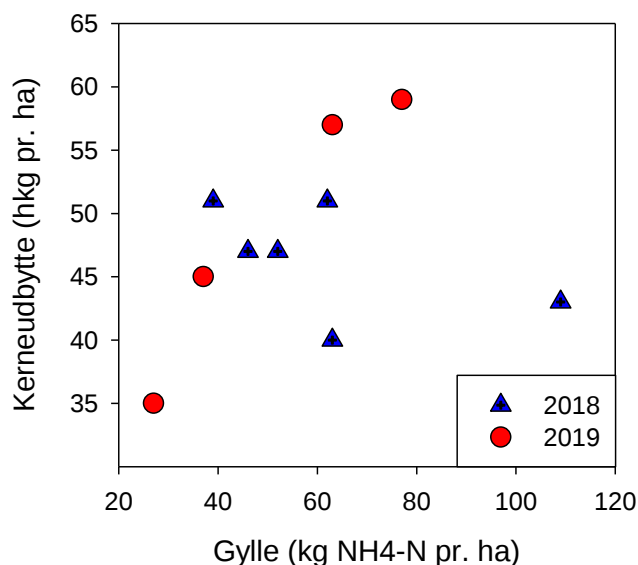
Tabel 1. Gennemsnit af 10 markforsøg i vårbyg (2018-19) (Oversigten 2019)

Behandlinger	Råprotein, pct. af TS	Udbytte, hkg pr. ha ²⁾	Forholdstal
Led 1: Landmandens egen gødning	10,8 ^{bc}	48,1 ^b	100
Led 2: Led 1+500 kg Øgro 10-3-1 pr. ha + K +Mg +S	11,1 ^b	52,3 ^a	109
Led 3: Led 1+1000 kg Øgro 10-3-1 pr. ha + K +Mg +S	11,7 ^a	52,9 ^a	110
Led 4: Led 1 + K +Mg +S	10,5 ^c	49,2 ^b	102
LSD	0,5	2,5	5

Alle lokaliteter: Store forskelle i sammenhængen mellem N-gødning og udbytter

Mellem lokaliteter og år varierede tilførslen af gylle fra 27-109 kg ammonium-N pr. ha. Udbytterne ved landmændenes egne gødningstilførsler lå mellem 35 og 59 hkg pr. ha med et gennemsnit over de to år på 47 hkg pr. ha.

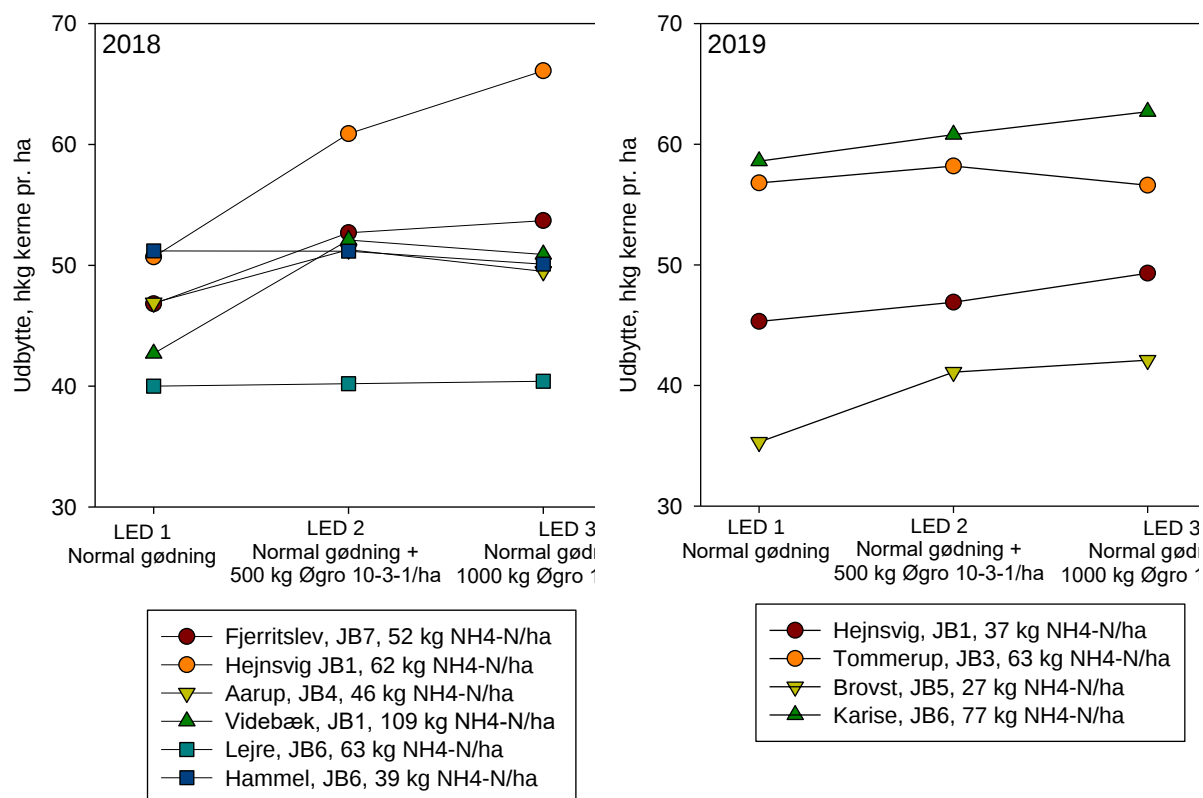
På tværs af lokaliteter var der i 2018 ingen sammenhæng mellem tilførsel af $\text{NH}_4\text{-N}$ i gylle og det høstede kerneudbytte (Figur 1). Tørken har sandsynligvis spillet en rolle. I 2019 var der derimod en klar positiv sammenhæng på trods af store forskelle i jordtyper og geografisk beliggenhed.



Figur 1. Sammenhæng mellem tilførsel af ammonium-N i gylle og udbytter. Hver prik er en lokalitet.

De enkelte lokaliteter: Store forskelle i responsen på ekstra tilførsel af kvælstof

Merudbytterne for supplerende tilførsler af Øgro varierede fra ingen til høj effekt. De største forskelle i respons var i tørkeåret 2018. Her kvitterede de vandede JB1-jorde bedst for den tilførte ekstra gødning.



Figur 2. Udbyttekurver for 2018 og 2019 ved supplerende tilførsler af hhv. 500 og 1000 kg Øgro 10-3-1 pr. ha.

I tabel 2 ses de normalt anvendte standard-udbytte-responser som tidligere er udarbejdet af SEGES, Økologi, Økologisk Landsforening og Niels Tvedegaard, Københavns Universitet.

Tabel 2. Standard udbytte-responser 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-udnyttelse af Øgro, men antager, at den er 70 pct. Det betyder, at der i forsøget er tilført henholdsvis 35 og 70 kg udnyttet-N pr. ha oven i landmandens egen gødning. N-udnyttelsen af Øgro kan variere, da det organisk bundne kvælstof først skal omsættes mikrobielt før afgrøden kan optage det som ammonium- og nitrat-N.

I tabel 3 har vi beregnet de forventede og de målte udbytte-responser for hver af de 10 markforsøg, når der tilføres yderligere 35 kg udnyttet-N pr. ha i Øgro oven i landmandens egen gødningstilførsel.

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

Markforsøg	Vanding	Landmandens egen tilførsel i gylle	Forventet respons for ekstra N	Målt respons
		kg udnyttet-N pr. ha	kg kerne pr. kg udnyttet-N	
2018				
Fjerritslev	-	52	10	17
Hejnsvig	+	62	10	29
Aarup	-	46	10	13
Videbæk	+	109	3	27
Lejre	-	63	10	1
Hammel	-	39	10	0
2019				
Hejnsvig	+	37	10	5
Tommerup	-	63	10	3
Brovst	-	27	10	17
Karise	-	77	3	5
Gennemsnit		58	10	12

Som gennemsnit af markforsøgene stemmer den målte respons (tabel 3) med den forventede (Tabel 2). Gennemsnittet dækker imidlertid over store forskelle. På halvdelen af lokaliteterne var responserne højere end forventet. Her har man fået god betaling for den ekstra N-tilførsel. Der blev målt meget høje respons på 27 og 29 kg kerne pr. kg udnyttet-N i 2018 på vandet sandjord. Det skyldtes sandsynligvis en optimal kombination af vand, varme og fravær af sygdomme og skadedyr.

Responserne for N-gødning i den enkelte mark afhænger af mange faktorer: vand, varme, rettidighed, hensigtsmæssig håndtering af gødningen, forfrugter, generel jordfrugtbarhed, omfang af ukrudt og skadevoldere, jordtype og jordstruktur. Derfor vil der altid være store svingninger.

Bladanalyser som indikator for mangler

Analyser af koncentrationer af næringsstoffer i grønne friske blade kan give en fornemmelse af, hvordan det står til med næringsstofforsyningen til en mark. Analysen foretages på de sidste fuldt udviklede blade, som nippes af, når afgrøden er på vækststadiet 31, dvs. at 1. knæ er udviklet.

De vejledende grænseværdier er vist i tabel 4. De kritiske værdier defineres typisk som den værdi, hvor udbyttet netop er 90% af det optimale. De visuelle symptomer optræder normalt først et stykke over den kritiske tærskelværdi.

Niveauerne er bedste bud, men hvorvidt en kritisk værdi udløser udbyttesubstans, vil afhænge af vækstvilkårene.

Tabel 4. Referenceværdier for bladanalyser i vårbyg (pers. medd. Søren Husted, Københavns Universitet)

Nærings-stof	Enhed	Kritisk værdi	Normalområde		
		Mangel	Lav	Middel	Høj
N	%	2,0	3,5	4,5	5,5
P	%	0,2	0,3	0,4	0,5
K	%	1,3	2,4	3,2	4,0
Ca	%	0,1	0,2	0,6	1,0
Mg	%	0,1	0,15	0,23	0,3
S	%	0,1	0,15	0,28	0,4
Fe	Ppm	10	25	63	100
Mn	Ppm	12	18	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

Bladanalyser i markforsøgene

Som gennemsnit af de 10 markforsøg viste bladanalyserne ikke tegn på kritiske mineralstofniveauer – bortset fra magnesium (Tabel 5). Alligevel var det ikke muligt at registrere merudbytter for at tilføre magnesium.

Tabel 5. Resultater fra to års markforsøg i økologiske vårbygmarker (Oversigten, 2019)

Behandlinger	Indhold i bladprøver (begyndende strækning, stadie 31)									
	pct. af tørstof						ppm			
	N ²⁾	P	K	S ²⁾	Ca	Mg	Mn ²⁾	Mo ²⁾	Fe	Zn ²⁾
Led 1: Landmandens egen gødning	4,3 ^c	0,	3,	0,2 ^b	0,6	0,10	30,0 ^b	1,2 ^a	92	40,4
Led 2: Led 1+500 kg Øgro 10-3-1/ha + K +Mg	4,7 ^b	0,	3,	0,3 ^a	0,6	0,10	32,5 ^b	0,7 ^b	91	43,0
Led 3: Led 1+1000 kg Øgro 10-3-1/ha + K +Mg	4,9 ^a	0,	3,	0,3 ^a	0,6	0,11	41,4 ^a	0,7 ^b	93	46,6
Led 4: Led 1 + K +Mg +S	4,5 ^b	0,	3,	0,3 ^a	0,6	0,09	32,0 ^b	0,7 ^b	88	39,0 ^c
LSD	0,2	ns	ns	0,1	ns	0,01	6,3	0,2	ns	3,5

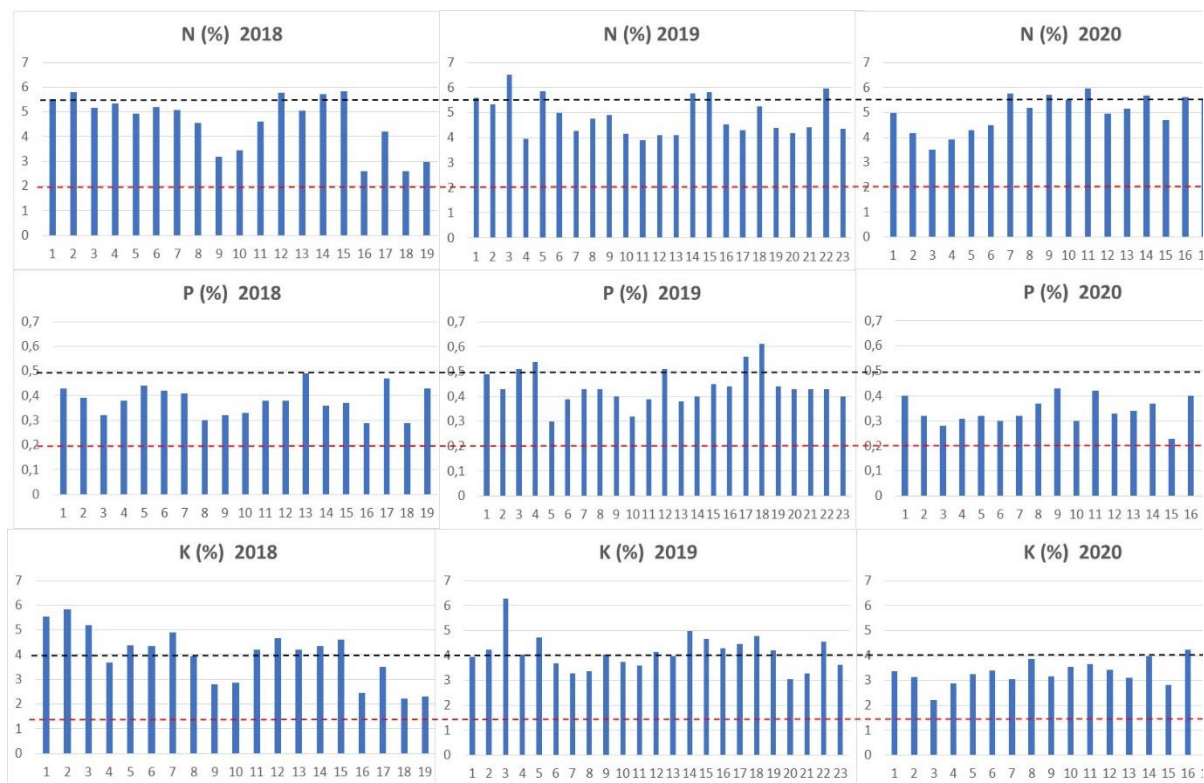
Selvom koncentrationerne af kvælstof i bladene lå over det kritiske niveau i alle enkeltforsøg, så var der alligevel sikkert merudbytte for at supplere med kvælstof oveni bedrifternes egne tilførsler. Her var der ikke sammenhæng mellem analyse og respons på tilførsel.

For de øvrige analyser er der nok større chance for overensstemmelse, selvom størrelsen af de kritiske grænseværdier vil være afhængige af de aktuelle dyrkningsforhold.

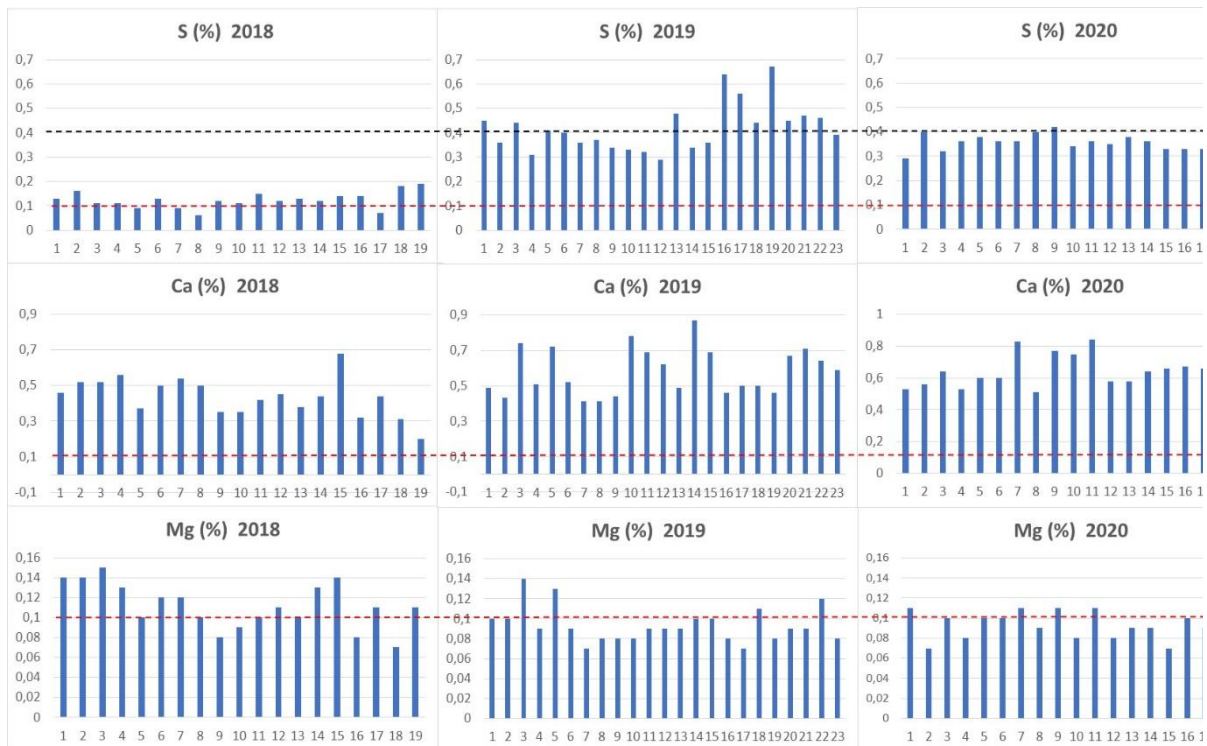
Bladanalyser fra 62 økologiske vårbygmarker rundt i landet viste store forskelle

I nedenstående figurer repræsenterer den rød-stiplede linjer den kritiske værdi for næringsstoffet, og den sort-stiplede linje repræsenterer den høje værdi inden for normalområdet. Hver søjle repræsenterer en mark, hvor vi i saksak over marken har udtaget ca. 50 blade til analysen.

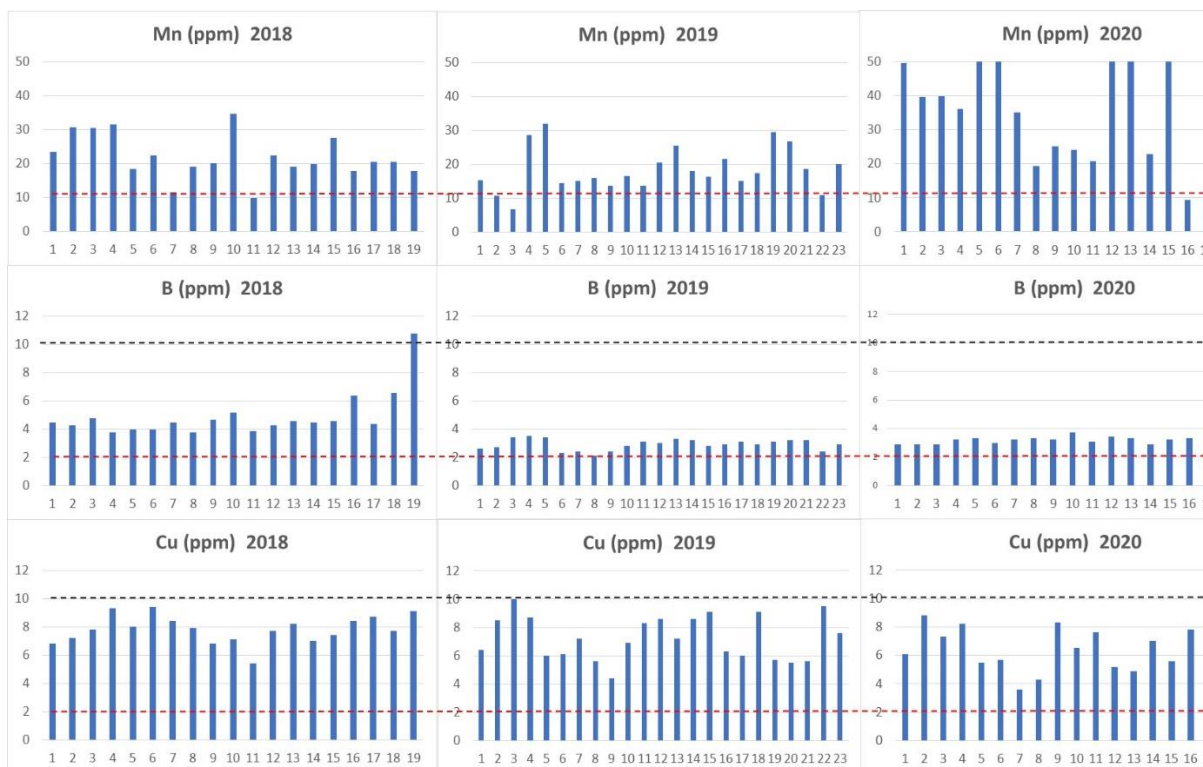
Markerne i figurerne er fordelt efter stigende JB-numre, med JB1-markerne til venstre og stigende JB-nummer mod højre. Der var i ingen af analyserne tegn på sammenhæng mellem jordtyper og mineralindhold i bladene.



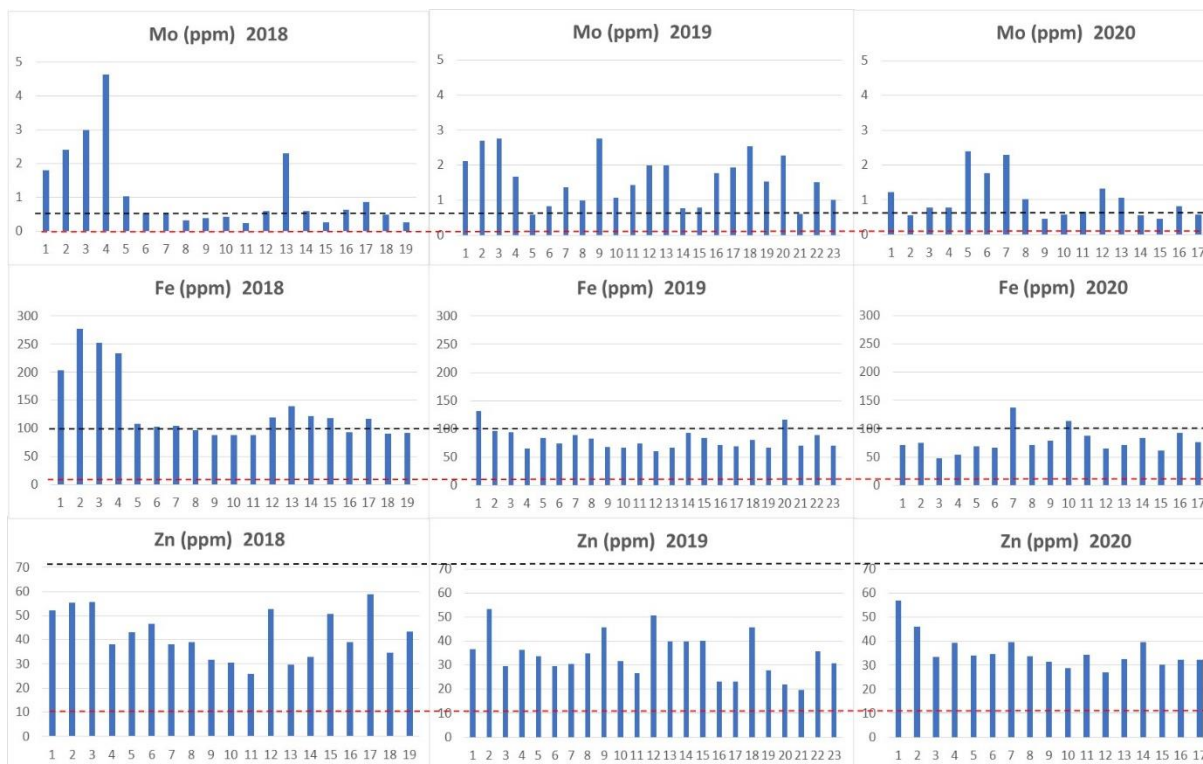
Figur 3. Ingen kritiske niveauer af N, P og K. Dog var P-niveauerne tæt på kritisk i to bygmarker i 2020.



Figur 4. Der var store forskelle i S-koncentrationerne mellem de tre år. I 2018 var der kritiske niveauer, eller tæt på, i størstedelen af bygmaterierne. I 2019 og 2020 var koncentrationerne markant højere. Vi kan ikke forklare forskellene med andet end, at de klimamæssige dyrkningsbetingelser har spillet en stor rolle. Mens Ca-koncentrationerne ligger i normalområdet, så har Mg-koncentrationerne i alle tre år været overvejende kritisk lave.



Figur 5. Mangan har sandsynligvis været udbyttebegrænsende i flere af markerne. I 2020 var der høje koncentrationer over 50 ppm i flere af markerne som følge af forudgående sprøjtninger med mangan. Koncentrationerne af bor lå i 2019 og 2020 tæt på den kritiske grænse. Der har ikke været fokus på forsyning med bor til de økologiske kornafgrøder, men det vil være relevant med opfølgende undersøgelse. Der er ikke noget som tyder på at kobber har været begrænsende for væksten i de undersøgte marker.



Figur 6. Alle tre mikronæringsstoffer ligger over de kritiske grænser for mangel. Molybdæn ligger i mange marker over den høje normalværdi.

Sammenligning af bladanalyser i vårbyg - overblik over data

1. Bladprøver fra det langvarige gødningsforsøg på Askov forsøgsstation (JB5)

Behandlingerne er vist i tabel 6. Vårbyggen fulgte med rundt i et 4-markssædskifte. Antallet af langvarige behandlinger varierede mellem markerne med flest forskellige behandlinger i 2018 og færrest i 2019.

Husdyrgødningen 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.

Tabel 6. Gødningstilførsel

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

På Askov Forsøgsstation har Aarhus Universitet en unik facilitet i form af de langvarige gødningsforsøg, som blev anlagt tilbage i 1894 (Christensen og Thomsen, 2014). Forsøgene omfatter en række fastliggende serier med forskellige tilførsler af husdyrgødning (GY) og handelsgødning. Askov-forsøgene er ikke økologiske, og giver derfor mulighed for at isolere de mere ekstreme effekter af mangel på henholdsvis kvælstof, fosfor og kalium.

2. Bladprøver fra 144 konventionelle vårbygmarker

I figurene er også medtaget et gennemsnit af bladanalyser fra 144 konventionelt dyrkede vårbygmarker i perioden 2007 til 2012 (Oversigten, 2012).

3. Bladprøver fra de 10 økologiske markforsøg

Data er vist ovenfor og i de efterfølgende figurer indgår de som gennemsnit af de 10 forsøg.

4. Bladprøver fra de 62 økologiske vårbygmarker

Data er vist ovenfor og i de efterfølgende figurer indgår de som et gennemsnit af de 63 marker.

Farver i graferne:

Askovforsøgene m. gylle: grå

Askovforsøgene med handelsgødning: hvide

De 63 økologiske vårbygmarker: grøn

De konventionelle vårbygmarker: gråstribet

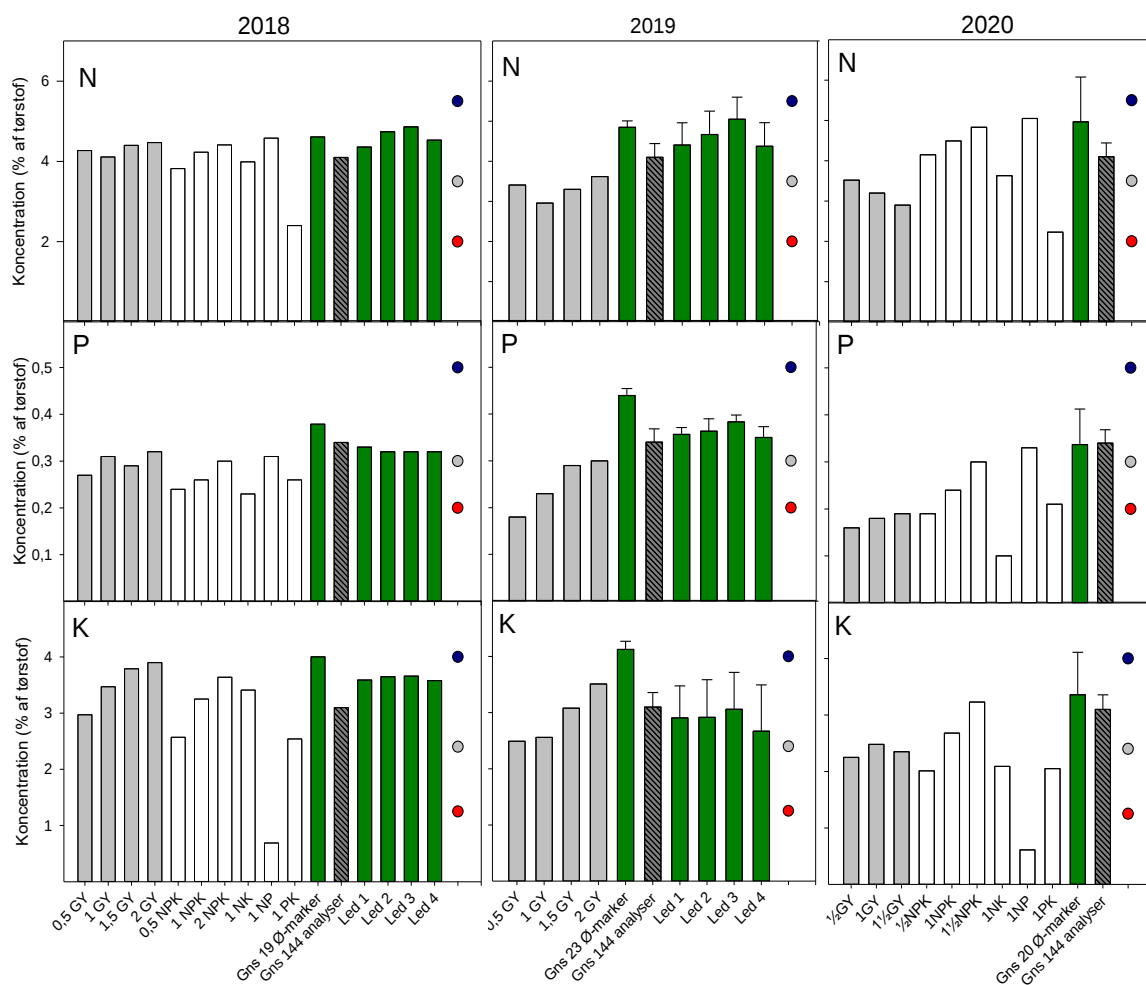
De 10 økologiske markforsøg: grøn

I hver graf er

rød prik= kritisk grænse for mangel,

grå prik= normal lavt niveau

blå prik= Normal højt niveau.



Figur 7. Sammenligning af koncentrationer af kvælstof (N), fosfor (P) og kalium (K) i bladprøver af vårbyg.

Kvælstof

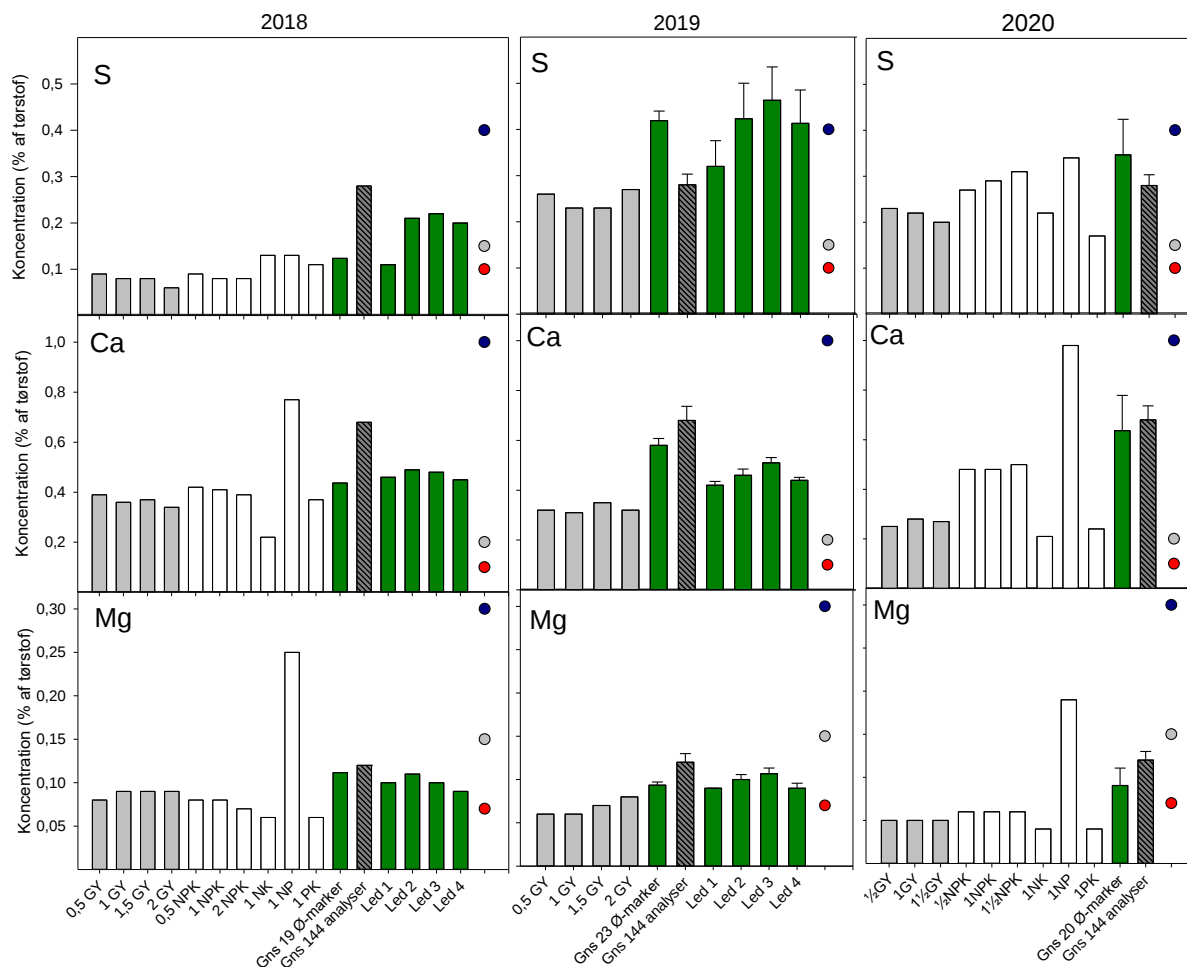
N-koncentrationerne i de økologiske marker og behandlinger (grønne) ligger ret ens og tæt på niveauet for de konventionelle vårbygmarker (gråstribet). De ligger alle i området mellem normal lav og normal høj. I PK-behandlingen på Askov er N-koncentrationen som forventet lav. Når N-koncentrationerne falder med stigende tilførsel af gylle på Askov, tyder det på, at andet end N er udbyttebegrænsende. Et kig på fosfor nedenunder viser P-koncentrationer, der ligger under det kritisk lave niveau.

Fosfor

P-koncentrationerne ligger ret ens i de økologiske marker/behandlinger og inden for normalområdet.

Kalium

Kaliumforsyningen til de økologiske marker ser ud til at være i orden med koncentrationer mellem normal lav og normal høj i alle tre år.



Figur 8. Sammenligning af koncentrationer af svovl (S), calcium (Ca) og magnesium (Mg) i bladprøver af vårbyg.

Svovl

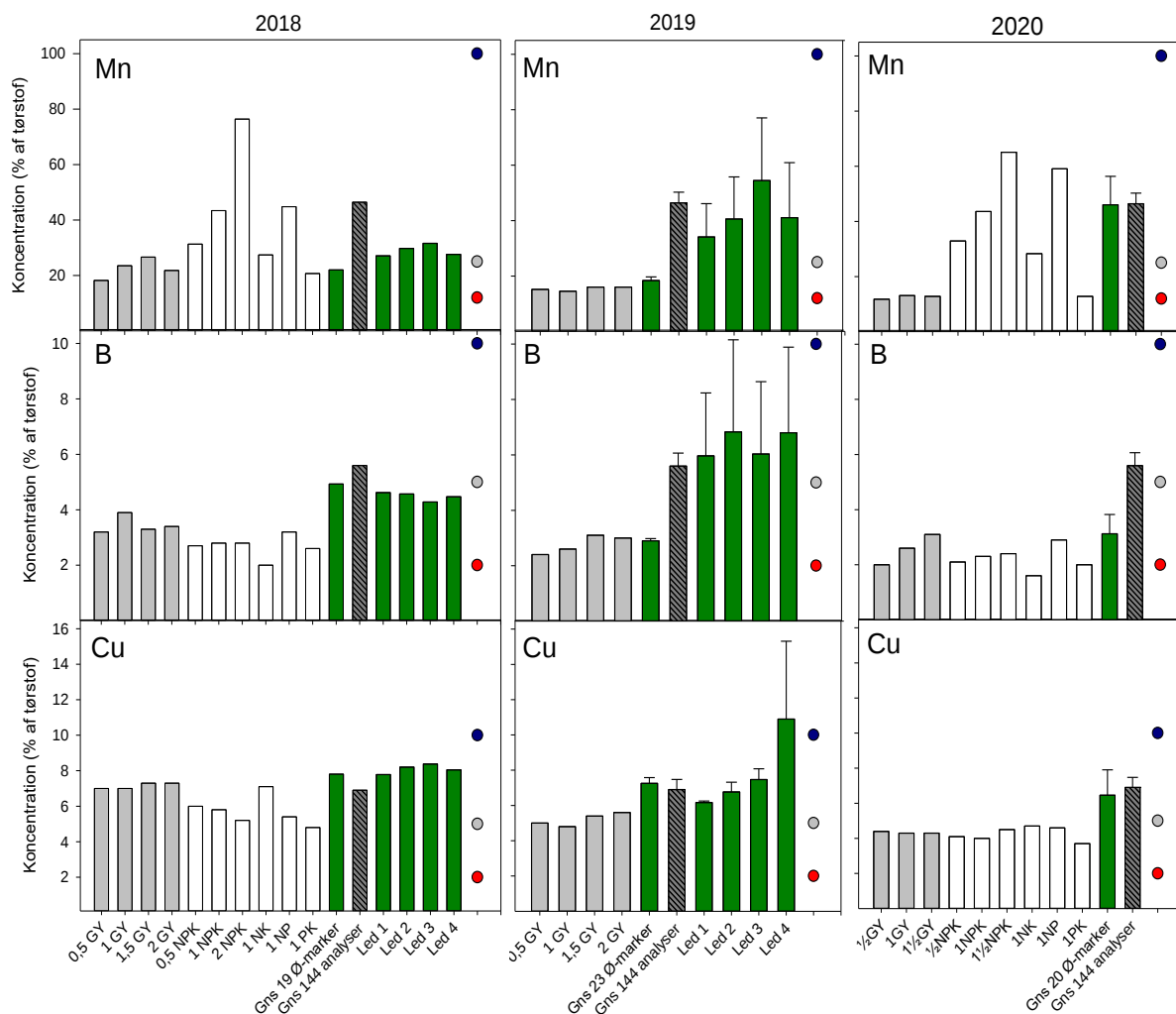
2018 lignede et kritisk år i forhold til S-mangel. På Askov var det ikke gødet med svovl på tidspunktet for prøveudtagningerne og både i de økologiske vårbygmarker og i markerne i led 1, der repræsenterede landmandens egen gødningsplan, var koncentrationerne kritisk lave. I 2019 og 2020 havde billedet vendt sig. Klimaforholdene har spillet en stor rolle. 2018 var meget tør og varm helt fra begyndelsen af maj, hvilket sandsynligvis har påvirket omsætningen af organisk svovl i jorden.

Calsium

Alle koncentrationer i de økologiske marker og markforsøg ligger inden for normalområdet.

Magnesium

Koncentrationerne er generelt lave. Dog en i øjenfaldende undtagelse i NP-behandlingen på Askov. Her mangler konkurrencen fra kalium, og det medfører større optagelse af både magnesium og calcium.



Tabel 9. Sammenligning af koncentrationer af mangan (Mn), bor (B) og kobber (Cu) i bladprøver af vårbyg.

Mangan

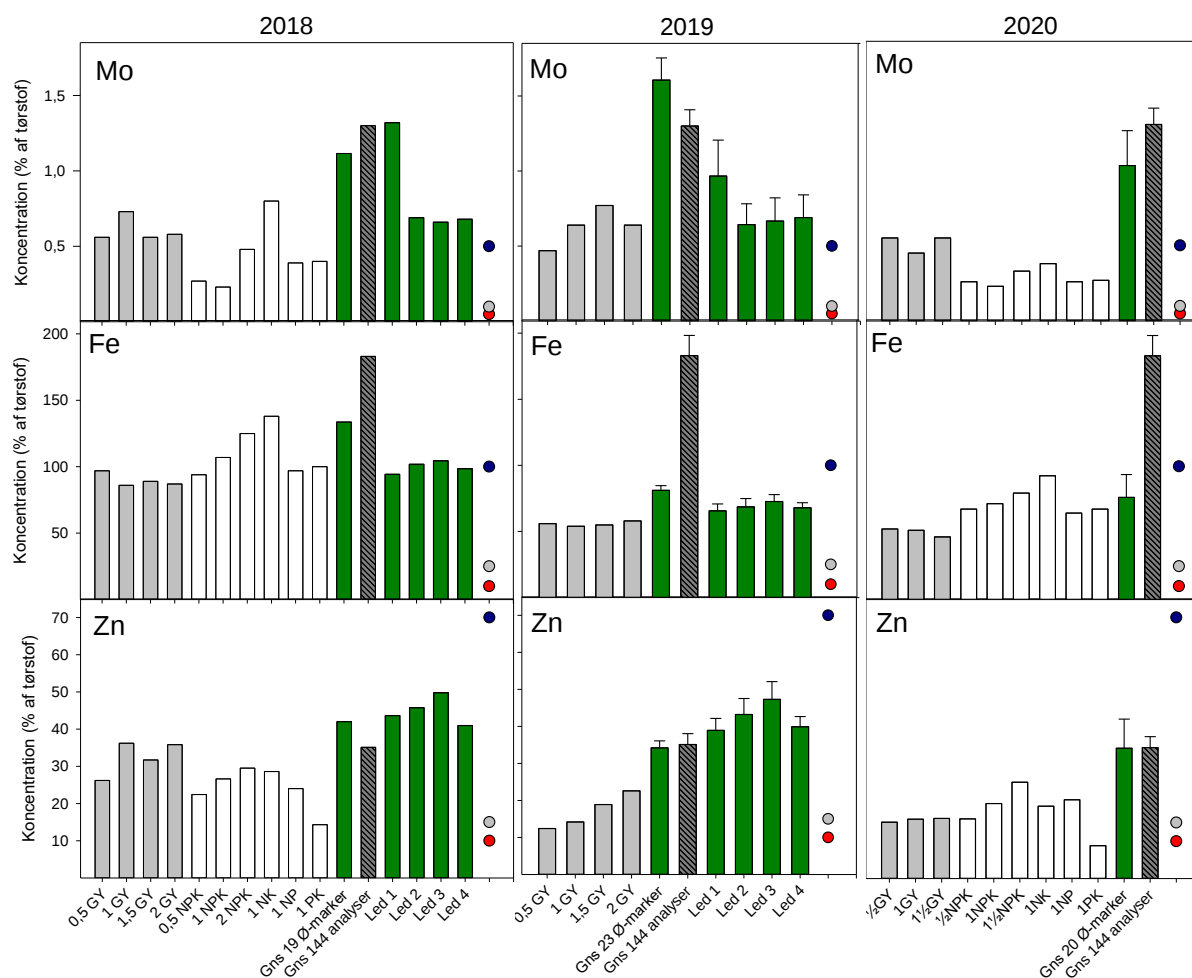
Niveauet i de økologiske marker og behandlinger ligger over kritisk lavt, men tæt på kritisk i 2018 og 2019.

Bor

De økologiske marker ligger mellem kritisk lavt og normalt lavt niveau.

Kobber

Alle værdier ligger over kritisk lave, og det tyder på, at de økologiske marker i denne undersøgelse har været velforsynede med kobber.



Tabel 10. Sammenligning af koncentrationer af molybdæn (Mo), jern (Fe) og zink (Zn) i bladprøver af vârbbyg.

Molybdæn

Koncentrationerne er høje i de økologiske vârbbygmarker, men de blev reduceret når der i led 2, 3 og 4 i markforsøgene blev gødet med ekstra kalium, magnesium og svovl. Dog er niveauet stadigvæk højt. En mulig årsag til reduktionen er, at svovl 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).

Jern

Alle niveauerne er middel til høje. De konventionelle analyser i bygmarkerne stikker noget af, hvilket vi ikke har svar på. Kan måske være knyttet til ændringer i analysemetoden.

Zink

Niveauet i de økologiske marker ligger inden for normalområdet.

Om NutHY

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/>

Referencer:

Askegaard, M. og Hermansen, H. (2017). Konsulenternes erfaringer med udbyttebegrænsende faktorer på de økologiske bedrifter. LandbrugsInfo, 2017. <https://www.landbrugsinfo.dk/-/media/landbrugsinfo/public/a/f/2/oe-17-3855-resultat-sporgesundersogelse-blandt-oekologiske-planteravlskonsulenter.pdf>

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

Hermansen S. (2020). Økologiske arealer skal vedligeholdes med kalk og grundgødning. LandbrugsInfo, SEGES. https://www.landbrugsinfo.dk/basis/2/d/a/planter_okologiske_arealer_vedligehold_kalk_grundgodning

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

Miljø- og Fødevareministeriet, (2018). Statistik over økologiske jordbrugsbedrifter 2017. https://lbst.dk/fileadmin/user_upload/NaturErhverv/Filer/Tvaergaaende/Oekologi/Statistik/Statistik_oekologiske_jordbrugsbedrifter_2017.pdf

Oversigten over Landsforsøgene 2012. Gødskning. Tabel 24, side 271. https://www.landbrugsinfo.dk/-/media/landbrugsinfo/public/1/f/4/pl_oversigten_2012_samlet_web.pdf

Oversigten over Landsforsøgene 2019. Kvælstof er den væsentligste udbyttebegrænsende faktor. Side 246-247. https://www.landbrugsinfo.dk/-/media/landbrugsinfo/basic/7/1/7/pl_19_oversigt_over_landsforsoeg_2019.pdf