



Fødevarerministeriet
Departementet

Vedrørende notat om afgrøders betydning for udvaskningen til brug for en sårbarhedsdifferentieret regulering

DCA - Nationalt Center for
Fødevarer og Jordbrug

Dato: 09. november 2012

Direkte tlf.: 8715 7685
E-mail:
susanne.elmholt@agrsci.dk

Afs. CVR-nr.: 31119103
Reference: sel

Side 1/1

Natur- og Landbrugskommissionens sekretariat har i mail af 4. oktober 2012 bedt Aarhus Universitet udarbejde en redegørelse om afgrøders betydning for udvaskning. Baggrunden er, at Natur- og Landbrugskommissionen (NLK) som en del af sit arbejde har en opgave med at se på en fremadrettet mere fleksibel og målrettet regulering af landbrugets næringsstofpåvirkning.

Redegørelsen er udarbejdet af seniorforsker Finn P. Vinther, seniorforsker Christen D. Børgesen, seniorforsker Ib S. Kristensen og professor Jørgen E. Olesen, alle Institut for Agroøkologi.

Med venlig hilsen

Susanne Elmholt
Seniorforsker, koordinator for DCA's myndighedsrådgivning

Notat om afgrøders betydning for udvaskningen til brug for en sårbarhedsdifferentieret regulering

Finn P. Vinther, Christen Duus Børgesen, Ib Sillebak Kristensen, Peter Sørensen og Jørgen E. Olesen

1. Baggrund for bestillingen

Natur- og Landbrugskommissionen (NLK) har som en del af sit arbejde en opgave med at se på en fremadrettet mere fleksibel regulering. Som et grundlag for en mere fleksibel og målrettet regulering af landbrugets næringsstofpåvirkning har NLK anmodet DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug om en redegørelse for afgrødernes betydning for udvaskningen.

NLK uddyber bestillingen med følgende:

- I. Der ønskes en redegørelse for den nødvendige viden, for at kunne identificere de væsentligste faktorer for udvaskningen og for at afgøre, hvordan afgrøderne samt øvrige relevante forhold som fx sædskiftemæssige forhold, jordbearbejdning m.m., der påvirker udvaskningen, kan inddrages i fastsættelsen af differentierede kvælstofnormer.*
- II. Der bedes endvidere redegjort for, i hvilket omfang der vil være behov for at estimere specifikke udvaskningsresponskurver for de enkelte afgrøder som forudsætning for at gennemføre den differentierede regulering, og hvorvidt det er muligt at foretage disse estimater i dag eller om der er behov for at indhente yderligere viden. I sidstnævnte tilfælde bedes der redegjort for den nødvendige viden, en tidshorisont for at kunne tilvejebringe den nødvendige viden samt et omkostningsniveau.*
- III. Såfremt der skulle gennemføres en model baseret på udvaskning ønskes der redegjort for, om der eksisterer det tilstrækkelige modelværktøj (fx i Farm N) til at basere en reguleringsmodel på udvaskning.*

2. Indledning

I bestillingen fra NLK er det nævnt, at NLK som en del af arbejdet har en opgave med at se på en fremadrettet mere fleksibel regulering, og som et grundlag for en mere fleksibel og målrettet regulering af landbrugets næringsstofpåvirkning af vandmiljøet er der behov for viden om afgrødernes betydning for udvaskningen.

Regulering af landbrugets N-udledning til havet fordrer, at der er viden om hvordan kvælstof udnyttes i landbrugssystemet samt hvordan kvælstof transporteres via dræn og grøfter til overfladevand og kysten. Effekt af nye regler mht. efterafgrøder og jordbearbejdning gør det relevant at vurdere om hidtil anvendte modeller kan beregne en realistisk effekt af disse virkemidler. Det skal derudover pointeres, at når der tales om landbrugets påvirkning af

vandmiljøet, må påvirkningen deles i to trin: (1) udvaskning fra rodzonen og (2) retention eller reduktion mellem rodzonen og overfladevand. I den forbindelse kan det nævnes, at problemstillinger omkring retention mellem rodzonen og overfladevand er beskrevet i et notat om forskellige områders retentionskapacitet (Jensen et al., 2012) fremsendt til NLK d. 12. oktober d.å., og at nærværende besvarelse alene fokuserer på udvaskning fra rodzonen, dvs. udvaskningen i ca. 1 m's dybde.

Det skal dog understreges, at for at kunne målrette anvendelse af virkemidler og differentieret regulering af gødningsanvendelsen er en detaljeret viden om lokale retentionsforhold mellem rodzone og overfladevand på mark- eller markblok-niveau vigtig for at kunne placere virkemidler optimalt, men det er jo også vigtigt at kunne beregne N-udvaskning fra rodzonen og dermed identificere "hot spots" for N-udvaskningen. I et område med høj retention har udvaskningen fra rodzonen kun lille eller ingen betydning for kvaliteten af overfladevandet. Derimod vil udvaskningen fra rodzonen have stor betydning for overfladevandet, hvis reduktionen er lav. Det er med andre ord mere omkostningseffektivt at implementere virkemidler der hvor N-reduktionen er mindst og udledningen i forhold til de fysiske N-reduktionsforhold er størst..

Baseret hovedsageligt på en gennemgang af hvordan de eksisterende modeller beregner udvaskningen fra rodzonen er NLK's spørgsmål søgt besvaret herunder, efterfulgt af nogle opsamlende bemærkninger, herunder anbefalinger vedr. påkrævet opdatering af N-LES modellen, samt igangsættelse af markforsøg, hvorfra der på lidt længere sigt kan indhentes nye data mht. udvaskningsrespons, udvaskning fra majs og effekt af efterafgrøder mm. under nutidens dyrkningsforhold.

3. Relevante dyrkningsmæssige forhold der påvirker udvaskningen

NLK ønsker for det første en redegørelse for relevante dyrkningsmæssige forhold, der påvirker udvaskningen og som kan inddrages i fastsættelsen af differentierede kvælstofnormer.

De væsentligste styrende faktorer for udvaskningen er jordtype, klima, gødsning (handelsgødning og husdyrgødning), afgrøder eller sædskifte (herunder efterafgrøder), samt jordbearbejdning. For at anskueliggøre hvordan forskellige modeller håndterer disse faktorer, er der her taget udgangspunkt i en analyse, hvor forskellige modeller blev sammenlignet og resultaterne sammenstillet af Østergaard & Knudsen (2005): På initiativ af Landscentret, Planteavl, blev der i samarbejde med Danmarks JordbrugsForskning, Dansk Hydraulisk Institut, Watertech, Landbohøjskolen og Fyns Amt gennemført en sammenligning af den modelberegnete nitratudvaskning på udvalgte eksempler med forskellige kvælstofmodeller. I sammenligningen indgik både empiriske og dynamiske modeller. Følgende modeller blev afprøvet: N-LES1, N-LES3, FASSET, Farm-N (en version, hvor N-LES3 ikke var indbygget), Skep/Daisy, DAISY-standard og Amternes tekniske anvisninger (amtsmodellen). Resultaterne af disse sammenligninger er sammenstillet af Østergaard & Knudsen (2005), hvorfra hovedparten af tabellerne nedenfor er hentet. Det skal nævnes, at disse sammenligninger blev foretaget før udarbejdelsen af N-LES4

(Kristensen et al., 2008), og at der efterfølgende er foretaget en sammenligning af de tre empiriske modeller N-LES1 , N-LES3 og N-LES4 (Østergaard, 2010).

3.1 Jordtyper og klima

Jordtype, jordens frugtbarhed (mineraliseringspotentiale) og klima må anses for at være de faktorer, der har størst betydning for udvaskningen. Disse parametre er dog til dels givet på forhånd og kan ikke ændres inden for en overskuelig årrække, men det er nødvendigt at være opmærksom på disse forskelle ved fastlæggelse af differentierede kvælstofnormer. Udvasningen fra en mark er afhængig af overskudsnedbør, og som følge af klimatiske forskelle mellem Vest- og Østdanmark, vil udvaskningen fra en mark, ud over jordtype og frugtbarhed, være afhængig af hvor i landet marken er placeret. Dvs. at hvis kvælstofnormer skal differentieres efter størrelsen af udvaskningen, så skal normen på f.eks. en JB3-jord i Vestdanmark være forskellig fra normen på en JB3-jord i Østdanmark.

Det fremgår af Tabel 1, at udvaskningen - beregnet med de forskellige modeller - er større i en JB3-end i en JB6-jord, men forskellen mellem de to jordtyper beregnes forskelligt af modellerne. Daisy-Standard og Skep/Daisy beregner omtrent dobbelt så stor udvaskning fra JB3 som fra JB6, hvorimod de andre tre modeller beregner at udvaskningen fra en JB6 er ca. 80% af udvaskningen fra en JB3.

En anden forskel mellem modellerne er, at Daisy-Standard og Skep/Daisy beregner en lavere udvaskning i kg N/ha ved et vådt klima end et tørt, hvorimod det for de andre tre modeller er omvendt.

Tabel 1. Beregnet udvaskning (kg N/ha) ved forskelligt klima (Roskilde, Ødum, Jydevad). Vårbyg på JB3 eller JB6 (Østergaard & Knudsen, 2005).

Model	JB 3				JB 6				JB6 i pct. af JB3
	Roskilde (tørt)	Ødum (middel)	Jydevad (vådt)	Gns.	Roskilde (tørt)	Ødum (middel)	Jydevad (vådt)	Gns.	
Daisy-Standard	85	74	70	76	38	34	26	33	43
Skep/Daisy	71	70	68	70	40	38	36	38	54
N-LES1	49	61	74	61	36	48	60	48	79
N-LES3	47	62	82	64	33	46	62	47	73
FASSET	58	61	74	64	44	48	62	51	80
Gns.	62	66	73	67	38	43	49	43	64

3.2 Gødskning; handels- og husdyrgødning

Ved fastsættelse af differentierede kvælstofnormer er det afgørende at kende andelen af udvasket N pr. kg tilført N, dvs. marginaludvaskningen. Som det fremgår af Tabel 2 er marginaludvaskningen imidlertid meget afhængig af, hvilken model der anvendes til beregningerne, varierende fra 0,1 med FASSET til 0,5 med Daisy-Standard. Marginaludvaskningen, vist i Tabel 2, er beregnet som

gennemsnit over alle gødskningsniveauer, men marginaludvaskningen afhænger også af gødskningsniveau, hvor den som gennemsnit af alle modeller kan beregnes til ca. 0,18 ved det lave niveau stigende til 0,47 ved det højeste gødskningsniveau.

Tabel 2. Beregnet nitratudvaskning (kg N/ha) ved stigende N-tilførsel med handelsgødning til vårbyg på en sandblandet lerjord (JB 6) (Østergaard & Knudsen, 2005).

Model	Insti-tution	Kvælstoftilførsel, kg N pr. ha					Marginal-udvaskning, kg N/kg N
		83	100	118	136	153	
Daisy-Standard	3	19	24	31	41	54	0,5
Daisy-Standard	5	19	24	32	42	56	0,5
Skep/Daisy	4	29	31	35	41	48	0,3
FASSET	4	38	40	41	43	46	0,1
N-LES1	4	39	42	45	48	52	0,2
N-LES3	4	33	37	42	47	53	0,3
Gns.		30	33	37	44	52	0,3

Ved slutevalueringen af VMPII (Grant & Waagepetersen, 2003) blev N-LES3 og Skep/Daisy anvendt til beregning af udvaskningen på landsplan. I forbindelse med VMPIII midtvejsevalueringen blev N-LES3 opdateret til N-LES4 (Kristensen et al., 2008), og N-LES4 og Skep/Daisy blev anvendt til de landsdækkende beregninger af udvaskningen i VMPIII midtvejsevalueringen (Børgesen et al., 2008).

Tabel 3. Effekt af stigende N-tilførsel på udvaskningen. Beregninger er gennemført på planteavlsbrug med vinterhvede eller vårbyg på hhv. lerblandet sandjord (JB3) og sandblandet lerjord (JB6) (Østergaard, 2010).

Model	Afgrøde	JB3					JB6				
		Kvælstoftilførsel, kg N/ha				Marginal-udvaskning, kg N/kg N	Kvælstoftilførsel, kg N/ha				Marginal-udvaskning, kg N/kg N
		106	121	136	151		116	133	149	166	
N-LES1	Vinter-hvede	54	57	61	65	0,25	47	50	54	59	0,24
N-LES3		54	60	66	72	0,40	37	42	46	51	0,27
N-LES4		58	60	63	66	0,18	49	51	54	56	0,14
Model	Afgrøde	JB3					JB6				
		Kvælstoftilførsel, kg N/ha				Marginal-udvaskning, kg N/kg N	Kvælstoftilførsel, kg N/ha				Marginal-udvaskning, kg N/kg N
		83	95	107	119		85	98	110	122	
N-LES1	Vårbyg	51	53	55	58	0,19	43	45	47	49	0,16
N-LES3		54	58	63	68	0,39	38	42	45	49	0,29
N-LES4		77	80	83	86	0,25	69	71	73	76	0,19

Tabel 3 viser en sammenligning af hvordan marginaludvaskningen (kg N udvasket/kg N tilført) beregnes med N-LES1, N-LES3 og N-LES4, hvor beregningerne er gennemført med vedvarende vinterhvede og vårbyg på hhv. lerblandet sandjord (JB3) og sandblandet lerjord (JB6). Yderligere detaljer vedrørende beregningerne findes i Østergaard (2010).

Resultaterne viser, at der mellem modellerne er betydelige forskelle i marginaleffekten af N-tilførsel på nitratudvaskningen, hvor marginaleffekten er størst ved beregninger med N-LES3 og

mindst ved beregninger med N-LES4, og at margineffekten med alle tre modeller er større på JB 3 end på JB 6. Det kan endvidere bemærkes, at N-LES4 beregner en udvaskning fra ensidig vårbyg, der er 20-30 kg N/ha større end beregnet med N-LES3.

3.2.1 Husdyrgødning og nitratudvaskning

Nitratudvaskningen er større ved anvendelse af husdyrgødning end ved anvendelse af handelsgødning, fordi der tilføres en større mængde kvælstof, da ikke hele kvælstofmængden i husdyrgødningen er umiddelbart tilgængelig for afgrøderne. Resultaterne af beregningerne med de tre empiriske modeller er vist i tabel 4.

Tabel 4. Udvasning ved gødsning med handelsgødning alene og med husdyrgødning (svinegylle), suppleret med handelsgødning på sandblandet lerjord (JB6) (efter Østergaard, 2010).

Afgrøde	Efterårs-bevoksning	Handels-gødning, kg N/ha	Husdyr-gødning, kg N/ha	N-udvaskning, kg N/ha			N-udvaskning, rel., husdyrg./handelsg., pct.		
				N-LES1	N-LES3	N-LES4	N-LES1	N-LES3	N-LES4
Vinterhvede	Vinterhvede	166	0	59	51	56	112	114	109
Vinterhvede	Vinterhvede	61	140	66	58	61			
Vårbyg	Ubevokset ¹	122	0	49	49	76	112	116	108
Vårbyg	Ubevokset ¹	17	140	55	57	82			

¹Stub eller jordbearbejdet

Resultaterne i Tabel 4 viser, at udvaskningen beregnes at være 8-16 pct. større på et svinebrug med 1,4 DE end på et planteavlsbrug, at den mindste forskel mellem svinebruget og planteavlsbruget beregnes med N-LES4, og at effekten af svinegylle er den samme i vinterhvede og vårbyg. Det kan tilføjes at den langsigtede udvaskning (5-200 år) forventes at stige ved anvendelse af husdyrgødning, hvilket der ikke tages højde for i NLES og de fleste andre modeller.

3.3 Afgrødesammensætning/ jordbearbejdning/efterafgrøder

Tabel 5 og 6 viser hvordan de forskellige modeller beregner udvaskningen fra vårbyg, vinterhvede, majs og græs, samt fra vårbyg uden og med efterafgrøder. Der er tydelige forskelle mellem de forskellige modeller, og resultatet er i høj grad afhængig af hvilken model der vælges. Specielt for majs og græs er der store forskelle mellem modellerne.

Lemming (2012) har gennemført et studie af både danske og udenlandske artikler og forsøg med det formål at belyse kvælstofudvaskningen ved dyrkning af majs, og konklusioner herfra er, at der er størst risiko for høj udvaskning fra majs efter kløvergræs, at ved at sænke kvælstoftildelingen til majs efter kløvergræs kan udvaskningsrisikoen reduceres uden påvirkning af udbyttet, at efterafgrøder reducerer udvaskningsrisikoen, men at effekten er varierende, og endelig at udvaskningsniveauet efter majs er meget varierende, men ikke nødvendigvis højere end fra andre afgrøder. Dette er i overensstemmelse med en gennemgang af danske undersøgelser (Vinther et al., 2010) med særlig fokus på Landovervågningsoplandene (LOOP), hvori det blev konkluderet, at

- overordnet set antyder data ikke, at der udvaskes væsentlig mere fra majs end fra en sammenlignelig afgrøde som helsæd.
- de højeste værdier kan tilskrives en, efter nutidens målestok, usædvanlig høj tilførsel af gødning kombineret med, at der har været dyrket græs ét eller to år tidligere.
- der synes at være en tendens til, at udvaskningen falder med tiden ved kontinuert dyrkning af majs.

Tabel 5. Sammenligning af beregnet udvaskning (kg N/ha) fra forskellige afgrøder på sandblandet lerjord (JB6) (Østergaard & Knudsen, 2005).

Model	Institution	Vårbyg, halm fj., forårs-pløjet	Vårbyg, halm fj., efterårs-pløjet	Vårbyg, m. udlæg, halm fj., forårs-pløjet	Vinterhvede, halm fj.	Vinterhvede, halm nedbr.	Majs, forårs-pløjet	Græs
Daisy-Standard	1	32	27	10	23	21	7	48
Daisy-Standard	2	32	27	2	23	20	7	66
Daisy-Standard	3	29	24	6	27	23	12	-
Skep/Daisy	4	35	23	15	-	-	15	78
FASSET	4	41	38	15	31	29	56	73
N-LES1	4	45	45	20	44	44	60	34
N-LES3	4	42	42	17	38	39	55	20
Gns.		36	32	12	31	29	30	53

Endvidere nævner Vinther et al. (2010), at måledata fra LOOP er blevet anvendt til at parametrisere de empiriske modeller N-LES3 og N-LES4, og da det i øvrigt ikke så store datasæt indeholder enkelte meget høje udvaskningstal fra majs, er der en vis sandsynlighed for at parametrene for majs er overestimeret i modellerne. Endelig kan det nævnes, at der for nylig (3. oktober 2012) blev afholdt et seminar om udvaskning fra majs, og følgende konklusioner fra mødet kan trækkes frem:

- Der er stor usikkerhed omkring N-udvaskning fra majs, både i Danmark og i udenlandske rapporter. Undersøgelser viser at majs i udvaskningsmæssig sammenhæng næppe kan ses som en særskilt afgrøde, men må ses i forhold til sædskiftet, brugstyper og tidligere anvendelse.
- Eksisterende NLES4 model kan beskrive en gennemsnitlig udvaskning fra majs i forhold til målingerne, der ligger bag modellen. Men NLES er ikke god til at beskrive udvaskningen fra majs på enkeltmarker. Der er således behov for en ny type udvaskningsmodel for majs. Hertil er der behov for målinger på flere lokaliteter.

Mht. udvaskning fra græsmarker har Lemming et al. (2012) gennemgået litteratur, forsøg og modelberegninger for at belyse kvælstofbalancer og -udvaskningsniveauer i græsmarker med fokus på forskellen mellem græs- og kløvergræsmarker, forskellen mellem udvaskning fra slætgræs- og afgræsningsmarker, samt betydning af omlægningstidspunktet. Her vurderes

udvaskningen på sandjord ved ren afgræsning af kløvergræs frem for slæt at være 50-100 kg kvælstof pr. ha højere end for slæt, men at udvaskningen fra afgræsningsmarker er særdeles afhængigt af management. Forsøg på Foulum har vist, at afgræsning af kløvergræs forøger udvaskningen af kvælstof i forhold til slætgræs med 68 kg kvælstof pr. ha, når afgræsningsmarken tilføres gylle og udelukkende anvendes til afgræsning (Eriksen et al., 2010). Ved at undlade at tilføre gylle til afgræsningsmarken reduceredes merudvaskningen ved afgræsning til kun 6 kg pr. ha, mens en kombination af afgræsning + slæt + tilførsel af gylle gav en merudvaskning i forhold til ren slæt på 10 kg kvælstof pr. ha. Udvasningen ved afgræsningsmarker tilført gylle var 80 kg kvælstof pr. ha.

Modelberegninger med N-LES3 viste en forøgelse af kvælstofudvaskning ved afgræsning frem for slæt på 31 kg på sandjord og 23 kg kvælstof pr. ha på lerjord. I Schou et al. (2007) er angivet en merudvaskning ved ren afgræsning frem for slæt på 108 kg på sandjord og 26 kg kvælstof pr. ha på lerjord. Konsekvensen af omlægningstidspunktet for græsmarker afhænger af græsmarkens benyttelse og sammensætning af jordtypen. Ved tidlig ompløjning af kløvergræsmarker (både slæt og afgræsning) og af afgræsningsmarker med rent græs med efterfølgende etablering af vintersæd bliver udvaskningen af kvælstof forøget med skønsmæssigt 50 kg på sandjord og 30 kg kvælstof pr. ha på lerjord. Pløjning af rent græs til slæt om efteråret frem for om foråret vil øge udvaskningen, men udvaskningen vil ikke blive større end udvaskningen fra vintersæd med andre forfrugter. Forsøg på Jyndevad (JB1) og Foulum (JB4) viste en forøgelse på i gennemsnit 40 kg kvælstof pr. ha ved pløjning efterår frem for forår.

3.3.1 Efterafgrøder

Sammenligningen af hvorledes de tre modeller beregner effekten af efterafgrøder (Tabel 6) viser, at nitratudvaskningen med efterafgrøde beregnes at være 40-47 pct. af udvaskningen ved dyrkning af vårbyg uden efterafgrøde, og at der er stor lighed mellem modellerne, hvis der regnes med den relative effekt af efterafgrøder, mens den absolutte effekt er væsentlig større med N-LES4 end N-LES3. N-LES3 beregner en efterafgrødeeffekt på 40 kg N/ha på JB3 og 28 kg N/ha på JB6, hvor de tilsvarende effekter med N-LES4 er hhv. 52 og 43 kg N/ha. Man skal her være opmærksom på, at når der udlægges efterafgrøder på en planteavlsbedrift skal bedriftens kvote reduceres med 17 kg N/ha med efterafgrøder som følge af efterafgrødernes eftervirkning. På en bedrift, hvor der udbringes husdyrgødning, svarende til mere end 0,8 DE/ha, skal bedriftens kvote reduceres med 25 kg N/ha efterafgrøder. Antages en marginaludvaskning på ca. 0,3 giver den reducerede mængde på 17 kg N/ha anledning til en reduceret udvaskning på ca. 6 kg N/ha, hvilket betyder at den reelle efterafgrødeeffekt beregnet med N-LES3 bliver 22-34 kg N/ha og med N-LES4 37-46 kg N/ha. Der tages imidlertid ikke højde for den længerevarende effekt af efterafgrøder på udvaskningen. Parallelt med f.eks. græs, vil der forekomme en større mineralisering efter ompløjning som kan føre til merudvaskning de efterfølgende år. Dette er pt. ikke indarbejdet i de empiriske modeller.

Tabel 6. Udvaskning ved dyrkning af vårbyg uden og med efterafgrøde af græs på lerblandet sandjord (JB3) og på sandblandet lerjord (JB6). Afgrøderne er gødsket efter normerne, inkl. et fradrag i kvoten på 17 kg N/ha efterafgrøde som følge af efterafgrøders eftervirkning (Østergaard, 2010).

Model	Jordtype	Handelsgødning, kg N/ha		Udvaskning, kg N/ha		Effekt af efterafgrøder:	
		Vårbyg ¹⁾	Vårbyg m. udlæg ²⁾	Vårbyg ¹⁾	Vårbyg m. udlæg ²⁾	kg N/ha	Pct.
N-LES1	JB3			58	27	31	47
N-LES3	JB3	119	102	68	28	40	41
N-LES4	JB3			86	34	52	40
N-LES1	JB6			49	23	26	47
N-LES3	JB6	122	105	49	21	28	43
N-LES4	JB6			76	33	43	43

¹⁾Efterårsbevoksning: Stub eller jordbearbejdet

²⁾Efterårsbevoksning: Efterafgrøde af forårsudlagt græs

For efterafgrøder gælder det, lige som for majs, at hovedparten af de forsøg og målinger, der ligger bag modellerne, er af ældre dato, og at der er et stort behov for nye målinger af efterafgrøde-effekten under de nuværende dyrkningsbetingelser. En væsentlig ændring i forhold til tidligere er, at der er indført en regel om "forbud mod jordbearbejdning i efteråret forud for vårsæde afgrøder". Denne regel bevirker at udvaskningen reduceres, hvorved også efterafgrøde-effekten formentlig bliver reduceret.

Sammenfatning af afsnit 3: De forskellige modeller reagerer forskelligt på ændringer i afgrøder, dyrkning, jordtype og klima. Med Daisy-standard og Skep/Daisy beregnes udvaskningen på JB6 jord til ca. en tredjedel af udvaskningen på JB3 jord. Med FASSET og N-LES modellerne beregnes udvaskning på JB6 jord at være ca. 70 pct. af udvaskningen på JB3 jord. Med alle modellerne - bortset fra Skep/Daisy - beregnes en betydelig effekt af efterafgrøder. N-LES modellerne beregner en lidt højere udvaskning fra marker med vintersæd end fra vårsædsmarker eller vinterubevoksede marker. Der er store forskelle mellem modellerne i den beregnede udvaskning fra majs og græs, og for majs beregner N-LES muligvis en højere udvaskning end hvad der er realistisk med det nuværende gødskningsniveau. Den andel af en forøget kvælstoftilførsel, der ender som udvaskning (marginaludvaskningen) beregnes til at være 0,5 - 0,7 med Daisy-standard, 0,3 - 0,6 med Skep/Daisy, 0,2-0,4 med de empiriske modeller N-LES1 og N-LES3 og 0,1 - 0,2 med FASSET og N-LES4. Konsekvensen af, at modellerne reagerer forskelligt på ændringer i dyrkningstiltag, er, at effekten af f.eks. en reduktion i kvælstoftilførslen, udlæg, vintersæd i stedet for vårsæd osv. vil beregnes til at være forskellig - i nogle tilfælde meget forskellig - afhængigt af hvilken model, der anvendes. Konsekvensen er videre, at vurderingen af om fastsatte reduktionsmål er nået, og vurderingen af hvilke reguleringsinstrumenter, der skal tages i anvendelse, afhænger af, hvilken model der anvendes.

4. Behov for at estimere specifikke udvaskningsresponskurver?

NLK ønsker redegjort for, i hvilket omfang der vil være behov for at estimere specifikke udvaskningsresponskurver for de enkelte afgrøder som forudsætning for at gennemføre den differentierede regulering, og hvorvidt det er muligt at foretage disse estimater i dag eller om der er behov for at indhente yderligere viden. I sidstnævnte tilfælde bedes der redegjort for den nødvendige viden, en tidshorisont for at kunne tilvejebringe den nødvendige viden samt et omkostningsniveau.

Hvis der skal gennemføres en differentieret regulering baseret på modelberegnet udvaskning fra de enkelte afgrøder, er det en forudsætning, at man kan estimere realistiske udvaskningsresponskurver for de pågældende afgrøder. Som det fremgår af ovenstående er der betydelige forskelle mellem modellerne mht. beregning af marginaludvaskningen, og udvaskningsresponsen vil derfor afhænge, af hvilken model der anvendes ved estimering af responskurven.

Der synes dog at være bred enighed blandt fagfolk om, at marginaludvaskningen beregnet med N-LES3 bedre stemmer overens med de få forsøg, der er lavet med udvaskning ved stigende mængde N, end med den nyere N-LES4. Et eksempel på hvorledes N-responsfunktioner kan beregnes er vist i bilag 1, som er udarbejdet til brug for Fødevarerøkonomisk Instituts beregning af tabskorrigerede afgrødenormer, der er gennemført i regi af "Kvælstofudvalget". I bilaget er der med vårbyg og vinterhvede som eksempler givet en kort beskrivelse af forudsætninger for beregning af responskurver, hvor N-LES3 er anvendt til estimering af N-udvaskning.

Der er som nævnt et stort behov for en opdatering af N-LES modellen, hvis det skal anvendes i forbindelse med en differentieret regulering baseret på modelberegnet udvaskning, og f.eks. indgå i Farm-N (se herunder). Dette ikke kun ved blot at inddrage flere nye udvaskningsmålinger i datagrundlaget for modellen, men der bør især fokuseres på at tilvejebringe data, der kan underbygge og forbedre estimeringen af udvaskningsresponsen. Den respons, der ligger i de hidtidige versioner af N-LES, er baseret på nogle få ældre forsøg, og da der stort set ikke er lavet danske forsøg med udvaskning ved stigende mængde N de seneste 20-30 år, vil det være nødvendigt også at inddrage, hvad der måtte foreligge af resultater i udenlandske forsøg.

Hvis arbejdet iværksættes snarest, vil der som nævnt i Jensen et al. (2012) kunne være en opdateret N-LES5 model klar inden for en tidsramme på 1½- 2 år.

Derudover anbefales det, at der parallelt hermed igangsættes markforsøg, som yderligere kan understøtte en opdatering af specifikke udvaskningsresponskurver for forskellige afgrøder, og hvorfra der på længere sigt kan indhentes nye data mht. både udvaskningsrespons og efterafgrøder fra almindelig landbrugsdrift, således at det kan indarbejdes i fremtidige opdateringer af N-LES.

5. Tilstrækkeligt modelværktøj (fx i Farm-N) til at basere en reguleringsmodel på udvaskning?

NLK ønsker redegjort for, om der eksisterer det tilstrækkelige modelværktøj (fx i Farm-N) til at basere en reguleringsmodel på udvaskning.

Farm-N er en model til beregning af en bedriftsbalance og dermed et bedriftsoverskud af kvælstof, hvor der anvendes normtal for høstudbytter. Bedriftsoverskud minus stald- og lagertab resulterer i et markoverskud, og idet høstudbytter indgår i bedriften som foder eller eksporteres fra bedriften (sælges), kan markoverskuddet fordeles på de tre tabsposter: NH₃-fordampning ved udbringning af gødning, denitrifikation og udvaskning, samt indgå i ændringer af puljen af organisk N i jorden. De tre poster estimeres uafhængigt af hinanden, idet NH₃-fordampning beregnes vha. emissionskoefficienter, denitrifikation med SIMDEN (Vinther & Hansen, 2004), udvaskning vha. N-LES3 (Kristensen et al., 2003), og ændringer i jordpuljen beregnes vha. C-TOOL (Petersen et al., 2005). Summen af N-tab og puljeændring, estimeret individuelt med de nævnte modeller, vil sjældent være lig med tabspotential (markoverskuddet) beregnet på grundlag af bedriftsbalancen. Der er derfor indlagt en simpel algoritme, hvor denne rest fordeles mellem høstudbytte, denitrifikation, jordpuljeændring og udvaskning. Dvs. at beregning af N-udvaskning med Farm-N foretages med N-LES3, men korrigeres i forhold til bedriftsbalancen, der kan estimeres mere sikkert end tabsposterne (Kristensen & Hermansen, 2009; Kristensen et al., 2004).

Dvs. at med Farm-N kan udvaskningen beregnes på bedriftsniveau under hensyntagen til jordtyper, klima, afgrødefordeling og gødningstilførsel både med handels- og husdyrgødning, og indgår som sådan sammen med N-reduktionskortet i Miljøstyrelsens IT-system til miljøgodkendelse af husdyrbrug (www.husdyrgodkendelse.dk).

Et lignende system vil kunne udvikles til brug for en målrettet miljøregulering. Der er dog et stort behov for at få modellerne i Farm-N opdateret, således at en række uhensigtsmæssigheder, herunder usikkerheder omkring udvaskning fra majs, kan blive rettet, men også ændret dyrknings- og gødskningspraksis i løbet af de sidste 10-20 år har betydning for udvaskningen, hvilket ikke kommer til udtryk i de nuværende modeller, betyder, at der er behov for en opdatering. Der er gennem årene udviklet forskellige empiriske modeller (N-LES1 - N-LES4), som er udviklet alene på et statistisk grundlag ud fra observationer af udvaskning, jordtype, klima og dyrkningspraksis. Der er imidlertid stor diskussion om, hvorvidt f.eks. den nyeste N-LES4 beskriver udvaskningen korrekt i forhold til den ændrede dyrkningspraksis eller ændrede gødningstilførsel, der har fundet sted i løbet af de seneste år. Et af problemerne ved de observationer, der ligger til grund for udvikling af N-LES4 (og tidligere modeller) er, at de adskiller sig meget fra den nuværende landbrugspraksis, samt at der indgår meget få og kun ældre forsøg med stigende mængder N. Derfor er responsen på stigende N dårligt bestemt. Kvælstofniveau, anvendelse af husdyrgødning og sædskifter har ændret sig radikalt i løbet af de sidste 10-20 år. Der er derfor som nævnt et stort behov for at afdække, om det er muligt at udvikle en ny empirisk baseret model, en N-LES5, der troværdigt kan beregne udvaskning under de nuværende dyrkningsbetingelser. Herunder at se på, om

udvaskningsresponsen eller marginaludvaskningen er ændret ved den nuværende dyrkningspraksis i forhold til i tidligere modeller. Hvis Farm-N skal anvendes i forbindelse med miljøreguleringen til beregning af absolut udvaskning, og ikke som i miljøgodkendelsessystemet, hvor hensigten var at der skulle beregnes en ændring i forhold til nuværende drift, så er det en forudsætning, at der indbygges en opdateret N-LES5 i Farm-N modellen.

Ved anvendelse af en statistisk model er det vigtigt, at den hviler på et bredt datagrundlag, der er opnået ved den aktuelle dyrkningspraksis. Det er usikkert om vi i dag har et tilstrækkeligt bredt datagrundlag. Hvis der er behov for at iværksætte yderligere måleprogrammer, vil det kunne tage en årrække før tilstrækkelige data er til rådighed. Det anbefales derfor, at der parallelt med den påkrævede hurtige opdatering af N-LES modellen igangsættes markforsøg, hvorfra der på længere sigt kan indhentes nye data mht. udvaskningsrespons, udvaskning fra majs, effekt af efterafgrøder, mm. under almindelig landbrugsdrift, således at det kan indarbejdes i fremtidige opdateringer af N-LES.

6. Afsluttende bemærkninger

Det fremgår af ovenstående, at der eksisterer en række model-værktøjer til beregning af N-udvaskning, men modellerne giver i nogle tilfælde vidt forskellige estimater for N-udvaskningen under givne omstændigheder. Nogle modeller er baseret på mekanistiske beregninger, mens andre er baseret på statistiske beregninger (N-LES modellerne). I Farm-N værktøjet har man valgt at anvende den statistiske N-LES3 model, idet det forventes at denne model bedst beskriver forholdene i praksis. Selv de to sidste udgaver af N-LES beregner meget forskellige responser af forskellige faktorer. Specielt er der betydelig usikkerhed på hvilken effekt N gødningsniveau har på udvaskningen i forskellige afgrødetyper.

Det må derfor konkluderes, at der er et stort behov for snarest at lave en opdateret statistisk model, hvis modellen skal bruges i en kommende lokal miljøregulering. Et bredt datagrundlag opnået under de aktuelle dyrkningsbetingelser er afgørende for en velfungerende statistisk model. Det er usikkert, om der findes et tilstrækkeligt grundlag af nyere udvaskningsdata, der kan dække alle relevante kombinationer af jord, klima, afgrøde sammensætning og gødsning. Men en mere optimal udnyttelse af det eksisterende datasæt med mere en 1400 observationer fra danske forsøg, hvor der fokuseres på de kendte mangler i de nuværende modeller, samt inddragelse af udenlandske undersøgelser, forventes at kunne resultere i en mere velfungerende statistisk model.

Parallelt med denne påkrævede hurtige opdatering af N-LES modellen er der endvidere et stort behov for at få igangsat markforsøg, hvorfra der på længere sigt kan indhentes nye data mht. udvaskningsrespons, udvaskning fra majs, effekt af efterafgrøder, mm. under nutidens dyrkningspraksis, således at det kan indarbejdes i fremtidige opdateringer af N-LES modellen.

Litteratur.

- Børgesen, C.D., Waagepetersen, J., Iversen, T.M., Grant, R., Jacobsen, B. & Elmholt, S. (2008). Midvejsevaluering af Vandmiljøplan III. Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet, Aarhus Universitet. DJF rapport Markbrug 142, pp. 232.
- Eriksen, J., Søgaard, K., Askegaard, M. & Hansen, E.M. (2010). Forage legume impact on soil fertility and N balance. NJF report 6 (3), pp. 61-65.
- Grant, R. & Waagepetersen, J. (2003). Vandmiljøplan II – slutevaluering. Danmarks Miljøundersøgelser, Miljøministeriet og Danmarks JordbrugsForskning, Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri, 36 pp.
http://www.vmp3.dk/Files/Filer/Slutrapporter/VMPII_Slutevaluering_web.pdf
- Jensen, P.N., Blicher-Mathiesen, G., Windolf, J., Kjærgaard, C., Børgesen, C.D. & Vinther, F.P. (2012) Beskrivelse af det nødvendige vidensgrundlag i forhold til en fremtidig målrettet regulering efter de forskellige områders retentionskapacitet. Notat til NLK fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi og DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Aarhus Universitet, 15 pp.
- Kristensen, I. S. & Hermansen, J. E. (2009). Næringsstofbalancer på bedriftsniveau til forenklet regulering af landbrugets næringsstofforbrug og -overskud. Rapport for fase 2 i "Pilotprojekt om balanceregnskaber". Vandmiljøplan III midtvejsevaluering 2008. Aarhus Universitet. Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet. Institut for Jordbrugsproduktion og Miljø.
<http://www.vmp3.dk/Default.asp?ID=77>
- Kristensen, I. S., Nielsen, A. H., Kristensen, T., Hvid, S. K., & Kristensen, K. (2004). Usikkerhed ved beregning af nøgletal for miljøpåvirkninger. Kap 5. i Miljørapport [954]: "Miljøvurdering af landbrugsprodukter". <http://www.mst.dk/udgiv/publikationer/2004/87-7614-395-3/html>
- Kristensen, K., Jørgensen, U. & Grant, R. (2003) Genberegning af modellen N-LES. Baggrundsnotat til VMPII-slutevaluering. Danmarks JordbrugsForskning og Danmarks Miljøundersøgelser.
- Kristensen, K., Waagepetersen, J., Børgesen, C.D., Vinther, F.P., Grant, R., Blicher-Mathiesen, G. (2008). Reestimation and further development in the model N-LES – N-LES3 to N-LES4. Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet. DJF Plant Science 139, 25 pp.
[http://pure.au.dk/portal/da/publications/reestimation-and-further-development-in-the-model-nles--nles3-to-nles4\(cb273340-dbcf-11dd-8b7a-000ea68e967b\).html](http://pure.au.dk/portal/da/publications/reestimation-and-further-development-in-the-model-nles--nles3-to-nles4(cb273340-dbcf-11dd-8b7a-000ea68e967b).html)
- Lemming, C. (2012) Udvaskning af kvælstof fra majs. Videncenteret for Landbrug. Planteavl/orientering 125. https://www.landbrugsinfo.dk/Planteavl/Goedskning/Naeringsstoffer/Kvaelstof-N/Kvaelstofudvaskning/Sider/udvaskning-kvaelstof-majs_pl_po_12_125.aspx
- Lemming, C., Østergaard, H.S. & Knudsen, L. (2012) Kvælstofudvaskning fra græsmarker. Videncenteret for Landbrug. Planteavl/orientering 126.

https://www.landbrugsinfo.dk/Planteavl/Goedskning/Naeringsstoffer/Kvaelstof-N/Kvaelstofudvaskning/Sider/kvaelstofudvaskning-fra-graesmarker_pl_po_12_126.aspx

Petersen, B. M., Berntsen, J. & Jørgensen, U. (2005) Vurdering af et værktøj til VVM-screening, set i relation til hvad der sker med kvælstof tilført jorden med husdyrgødning. Dette notat findes i FarmN-fanebladet "dokumentation" med titlen: Samspillet mellem jordpuljeændringer, N-balancer og udvaskning.

Schou, J., Kronvang, B., Birr-Pedersen, K., Jensen, P.L., Rubæk, G.H., Jørgensen, U. & Jacobsen, B.H. (2007). Virkemidler til realisering af målene i EU's vandrammedirektiv. DMU rapport nr. 625. http://www2.dmu.dk/Pub/FR625_Final.pdf

Vinther, F. P. & Hansen, S. (2004) SimDen - en simpel model til kvantificering af N₂O-emission og denitrifikation. DJF rapport Markbrug 104, 1-47.

Vinther, F.P., Grant, R., Blicher-Mathiesen, G., Børgesen, C.D., Kristensen, I.S., Hansen, E.M., Kristensen, I.T., Thomsen, I.K., Sjøgaard, K. & Eriksen, J. (2010). Vedrørende udvaskning fra majs. Notat til Plantedirektoratet fra Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet. 29-09-2010. <https://pure.au.dk/portal/files/43910733/758179.pdf>

Østergaard, H.S. (2010) Beregning af nitratudvaskning med tre empiriske modeller. Videncentret for Landbrug. Planteavlsorientering 026. https://www.landbrugsinfo.dk/Planteavl/Goedskning/Naeringsstoffer/Kvaelstof-N/Kvaelstofudvaskning/Sider/PL_PO_10_026.aspx

Østergaard, H.S. & Knudsen, L. (2005) Beregning af nitratudvaskning – resultat af beregninger med forskellige modeller. Videncentret for Landbrug. Planteavlsorientering 07-528. https://www.landbrugsinfo.dk/Miljoe/Sider/Beregning_af_nitratudvaskning_resultat.aspx

Bilag 1.

Notat om marginaludvaskning med N-LES3

Finn P. Vinther, Institut for Agroøkologi, Aarhus Universitet. 18-09-2011

For at kunne beregne tabskorrigerede afgrødenormer er det en forudsætning, at marginaludvaskningen, dvs. relationen mellem tilført kvælstof (N) og N-udvaskningen, kendes for hver afgrøde eller hver gruppe af afgrøder som har en udvaskning i samme størrelsesorden.

Her gives en kort beskrivelse af forudsætninger for beregning af marginal-udvaskning med vårbyg og vinterhvede som eksempler og hvor N-LES3 er anvendt til estimering af N-udvaskning.

I N-LES3 indgår høstudbytter (kg N/ha) som input-parameter, og høstudbytter som funktion af N-gødsning er estimeret vha. 2.-gradspolynomier, som vist i Tabel 1 herunder.

Tabel 1. Afgrøder, jordtype og antal markforsøg (Landsforsøgene) der ligger til grund for estimering af koefficienterne a, b og c i 2.-gradspolynomiet, som er anvendt til estimering af N-udbytter på sandjord (JB1-4) og lerjord (>JB4). N i ligningen angiver tilført handelsgødning (kg N/ha).

Afgrøde	Jordtype	Antal forsøg	$Y = a + bN + cN^2$		
			a	b	c
Vårbyg	JB1-4	84	37.5	0.457	-0.00117
Vårbyg	>JB4	55	45.9	0.553	-0.00128
Havre	JB1-4	13	38.0	0.525	-0.00171
Havre	>JB4	11	52.2	0.534	-0.00142
Rug	JB1-4	15	29.3	0.532	-0.00134
Vinterhvede	JB1-4	78	53.9	0.527	-0.00082
Vinterhvede	>JB4	150	58.4	0.603	-0.00086
Vinterbyg	JB1-4	16	29.7	0.477	-0.00074
Vinterbyg	>JB4	20	41.1	0.556	-0.00095
Triticale	JB1-4	17	23.7	0.411	-0.00062
Vinterraps		9	65.6	0.475	-0.00077
Vårraps		17	54.1	0.355	-0.00063
Majs	JB1-4	21	142.3	0.491	-0.00113
Kløvergræs		2	183.0	0.354	-0.00009

Det fremgår af Tabel 1, at der udover vårbyg og vinterhvede kan beregnes høstudbytter for en række andre afgrøder, men at der for nogle af disse kun ligger et begrænset antal markforsøg til grund. For kløvergræs kun to, og dermed et usikkert datagrundlag.

I Fig. 1 er høstudbytter som funktion af N-tilførsel vist for vårbyg og vinterhvede på jordtyperne JB1-4 og >JB4.

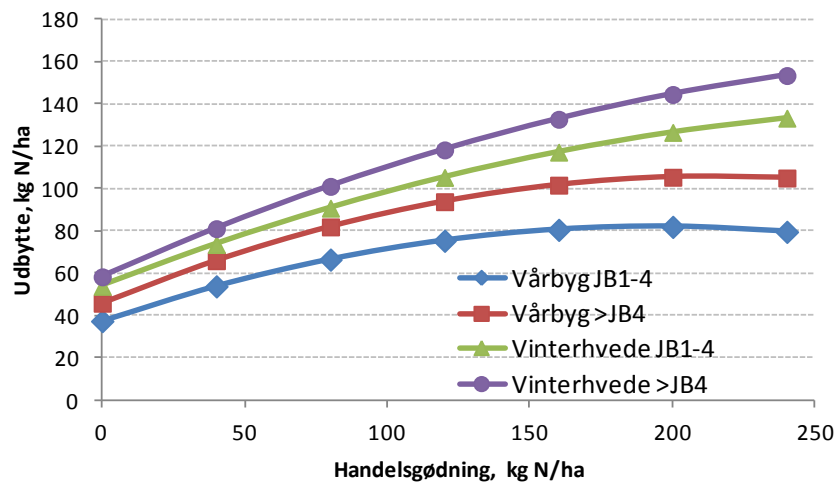


Fig. 1. Estimerede høstudbytter af vårbyg og vinterhvede som funktion af N-tilførsel på jordtyperne JB1-4 og >JB4.

Afgørende for beregning af udvaskning er nedbør og den efterfølgende afstrømning. I Tabel 2 er normalnedbør i landets otte DMI-regioner vist, og det ses at der er stor forskel mellem Øst- og Vestdanmark med 584 mm på Vestsjælland og 823 mm i Sønderjylland.

Tabel 2. Normal-nedbør 1961-1990 i flg. DMI i landets otte regioner.

Region	mm nedbør
Nordjylland	689
Midt- og Vestjylland	781
Østjylland	722
Syd- og Sønderjylland	823
Fyn	639
Vestsjælland/Lolland-Falster	584
Kbhvn. og Nordsjælland	613
Bornholm	609

Den store forskel i nedbør giver stor forskel i afstrømning. I Tabel 3 nettonedbør (afstrømning) vist, således som den beregnes med WATCROS (implementeret i FarmN). Flakkebjerg (øverst) repræsenterer et tørt klima og Jydevad er vådt klima. Det ses, at for f.eks. vårbyg varierer nettonedbøren i Flakkebjerg mellem 256 og 322 mm afhængig af jordtype, og mellem 573 og 623 mm i Jydevad.

Tabel 3. Nettonedbør som funktion af afgrøde og jordtype i Flakkebjerg og Jynde vad, repræsenterende henholdsvis et tørt og et vådt klima.

Flakkebjerg	JB nr.							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Vårbyg	322	266	305	279	266	256	256	256
Havre	322	266	305	279	266	256	256	256
Rug	311	240	292	256	237	220	220	220
Vinterhvede	311	240	292	256	237	220	220	220
Vinterbyg	311	240	292	256	237	220	220	220
Triticale	311	240	292	256	237	220	220	220
Vinterraps	311	240	292	256	237	220	220	220
Vårraps	315	255	297	270	254	243	243	243
Majs	306	257	290	267	256	247	247	247
Kløvergræs	289	228	272	242	226	212	212	212

Jynde vad	JB nr.							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Vårbyg	623	580	609	590	580	573	573	573
Havre	623	580	609	590	580	573	573	573
Rug	607	550	590	562	549	540	540	540
Vinterhvede	607	550	590	562	549	540	540	540
Vinterbyg	607	550	590	562	549	540	540	540
Triticale	607	550	590	562	549	540	540	540
Vinterraps	607	550	590	562	549	540	540	540
Vårraps	610	565	595	575	565	558	558	558
Majs	609	583	599	588	583	580	580	580
Kløvergræs	586	541	570	550	540	533	533	533

Med N-udbytter og afstrømning "på plads" kan udvaskningen beregnes ved stigende tilførsel af N, og responskurver/funktioner kan estimeres for hver jordtype. Mht. N-udbytter skal det dog nævnes, at datagrundlaget ikke tillader at der estimeres N-udbyttfunktioner for hver enkelt jordtype, og der er anvendt én og samme udbyttfunktion til JB1-4 og én til alle jordtyper >JB4. At der ikke er anvendt separate udbyttfunktioner pr. jordtype betyder at usikkerheden på estimatet af N-responsen øges. Eksempler på responsfunktioner ved tørt og vådt klima på JB4 er vist for vårbyg og vinterhvede i Fig. 2.

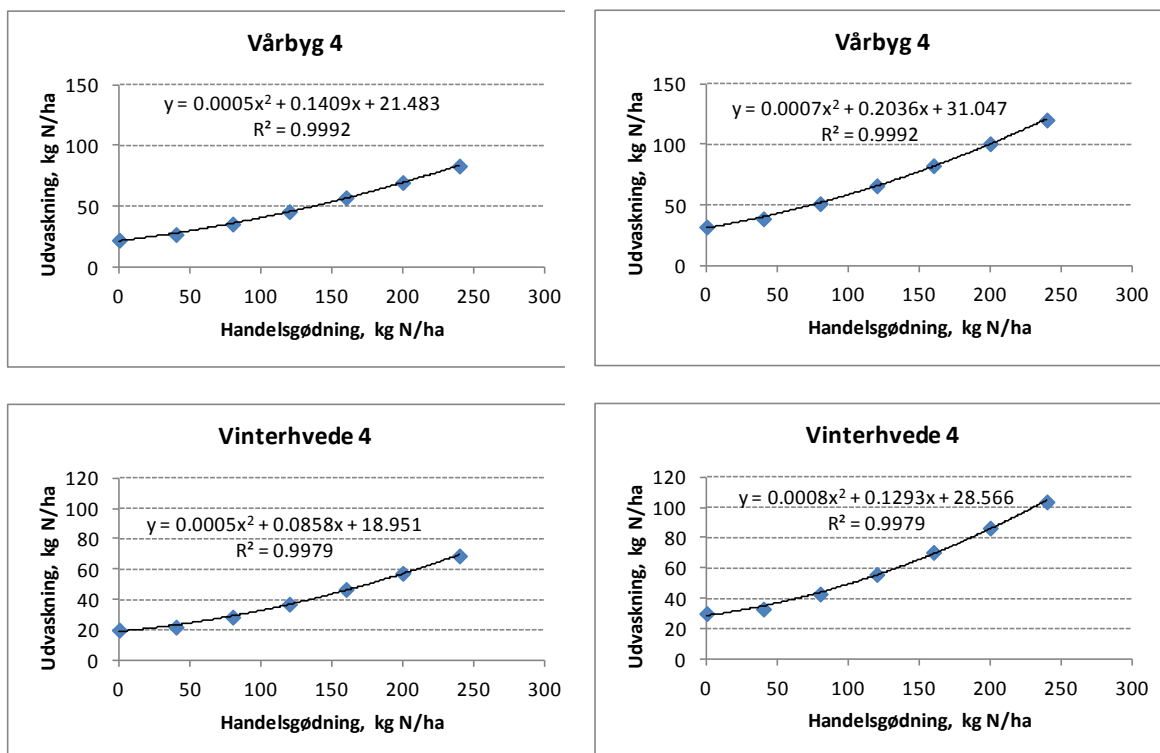


Fig. 2. Udvaskning (kg N/ha) beregnet med N-LES3 i JB4 som funktion af tilført handelsgødning (kg N/ha) i vårbyg og vinterhvede med et "tørt" (venstre) og "vådt" klima (højre).

I Fig. 2 er responsfunktionen ($y=ax^2 + bx + c$) vist, inkl. koefficienterne a, b og c for en JB4-jord. Koefficienter for alle jordtyperne JB1-8 er beregnet og anvendt til at estimere udvaskning som funktion af tilført N, og resultatet heraf er vist i de efterfølgende tabeller.

Vårbyg: Udvaskning som funktion af tilført N estimeret for et tørt (øverst) og et vådt klima (nederst).

Koefficienter: $y = ax^2 + bx + c$								
a	0.0007	0.0006	0.0006	0.0005	0.0005	0.0005	0.0004	0.0003
b	0.1989	0.1725	0.1834	0.1409	0.1163	0.119	0.1031	0.0825
c	30.3000	26.31	27.96	21.48	19.7	20.16	17.47	13.98

Tilført N	Udvaskning, kg N/ha: Tørt klima (4200 Slagelse)							
	JB1	JB2	JB3	JB4	JB5	JB6	JB7	JB8
0	30	26	28	21	20	20	17	14
20	35	30	32	24	22	23	20	16
40	39	34	36	28	25	26	22	18
60	45	39	41	32	28	29	25	20
80	51	44	46	36	32	33	28	23
100	57	50	52	41	36	37	32	25
120	64	56	59	46	41	42	36	28
140	72	62	65	51	46	47	40	31
160	80	69	73	57	51	52	44	35
180	89	77	80	63	57	58	49	39
200	98	85	89	70	63	64	54	42
220	108	93	97	77	69	71	60	47

Koefficienter: $y = ax^2 + bx + c$								
a	0.0009	0.0009	0.0009	0.0007	0.0007	0.0007	0.0006	0.0005
b	0.2668	0.256	0.2527	0.2036	0.1725	0.1805	0.1564	0.1251
c	40.69	39.03	38.53	31.05	29.23	30.58	26.49	21.2

Tilført N	Udvaskning, kg N/ha: Vådt klima (6270 Tønder)							
	JB1	JB2	JB3	JB4	JB5	JB6	JB7	JB8
0	41	39	39	31	29	31	26	21
20	46	45	44	35	33	34	30	24
40	53	51	50	40	37	39	34	27
60	60	58	57	46	42	44	38	31
80	68	65	65	52	48	50	43	34
100	76	74	73	58	53	56	48	39
120	86	83	82	66	60	62	54	43
140	96	93	92	73	67	70	60	49
160	106	103	102	82	75	77	67	54
180	118	114	113	90	83	86	74	60
200	130	126	125	100	92	95	82	66
220	143	139	138	110	101	104	90	73

Vinterhvede: Udvaskning som funktion af tilført N estimeret for et tørt (øverst) og et vådt klima (nederst).

Koefficienter: $y = ax^2 + bx + c$								
a	0.0008	0.0006	0.0007	0.0005	0.0005	0.0005	0.0004	0.0003
b	0.1255	0.1037	0.115	0.0858	0.0694	0.0691	0.0599	0.0479
c	27.74	22.91	25.41	18.95	17.15	17.09	14.8	11.85

Tilført N	Udvaskning, kg N/ha: Tørt klima (4200 Slagelse)							
	JB1	JB2	JB3	JB4	JB5	JB6	JB7	JB8
0	28	23	25	19	17	17	15	12
20	31	25	28	21	19	19	16	13
40	34	28	31	23	21	21	18	14
60	38	31	35	26	23	23	20	16
80	43	35	39	29	26	26	22	18
100	48	39	44	33	29	29	25	20
120	54	44	49	36	33	33	28	22
140	61	49	55	41	37	37	31	24
160	68	55	62	45	41	41	35	27
180	76	61	69	51	46	46	39	30
200	85	68	76	56	51	51	43	33
220	94	75	85	62	57	56	47	37

Koefficienter: $y = ax^2 + bx + c$								
a	0.0010	0.0010	0.001	0.0008	0.0007	0.0008	0.0007	0.0005
b	0.1708	0.1622	0.1614	0.1293	0.1095	0.1143	0.0991	0.0793
c	37.7400	35.8400	35.67	28.57	27.06	28.26	24.48	19.59

Tilført N	Udvaskning, kg N/ha: Vådt klima (6270 Tønder)							
	JB1	JB2	JB3	JB4	JB5	JB6	JB7	JB8
0	38	36	36	29	27	28	24	20
20	42	39	39	31	30	31	27	21
40	46	44	44	35	33	34	30	24
60	52	49	49	39	36	38	33	26
80	58	55	55	44	40	43	37	29
100	65	62	62	50	45	48	41	33
120	73	70	69	56	50	53	46	36
140	81	78	78	62	56	60	52	40
160	91	87	87	70	63	67	58	45
180	101	97	97	78	69	75	65	50
200	112	108	108	86	77	83	72	55
220	124	120	120	96	85	92	80	61