

FAGLIG BAGGRUND TIL MARKMØDER OM NY KVÆLSTOFREGULERING

Udarbejdet af Nanna Hellum Kristensen og Søren Kolind Hvid, SEGES Innovation.

Formål med materialet

I forbindelse med projektet PlantPerform er SEGES Innovation i gang med at udvikle fagligt materiale, som skal give indblik i den teoretiske baggrund for den nye kvælstofregulering. Materialet er målrettet brug i forbindelse med markplanlægningsmøder mellem planteavlskonsulenter og landmænd. Materialet er en blanding af faglige artikler, som kan læses før eller efter møderne, samt skitser/illustrationer af effekter i den nye kvælstofregulering, som kan tages op under møderne, hvis man finder det relevant.

Vi har opdelt indholdet i emner, og til sidst er der nogle ark, som kan printes og bruges under møderne. Materialet er foreløbigt og vil løbende blive udvidet og opdateret.

Effekt af kollektive virkemidler på dyrkningsfladen

Retentionsforøgende virkemidler

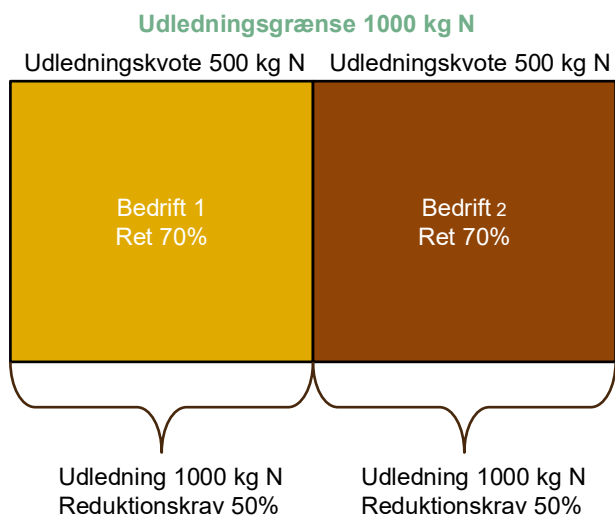
Minivådområder og vådområder indregnes i den nye regulering, så retentionen øges, og udledningen reduceres fra det areal, som afvander til området. Jo flere vådområder der etableres, jo mere vil udledningen i et opland falde, og det vil blive nemmere for oplandet at nå udledningsmålet. Det betyder, at reguleringstrykket i hele oplandet falder.

Fordi udledningskvoten fordeles med en vis andel af VISA i alle kystvandoplande, vil en reduceret udledning medføre en mindre udledningskvote til det areal, hvor retentionen er øget. Hvis kvoten er fordelt med 25 % FLAD og 75 % VISA, får bedriften 25 % af den samlede effekt af vådområdet/minivådområdet, og de resterende 75 % fordeles via VISA ligeligt blandt alle arealer i kystvandoplandet. I et opland, hvor udledningskvoten er fordelt med 100 % VISA, vil hele effekten fordeles blandt alle arealer i oplandet. Fordelingen sker via en ny fordeling af udledningskvoten mellem arealer.

Arealet, hvor vådområdet/minivådområdet etableres, forventes at udgå af reguleringen, således at arealet ikke tildeles kvote, og der heller ikke beregnes en udledning fra arealet. Det medregnes i reguleringen med et naturbidrag.

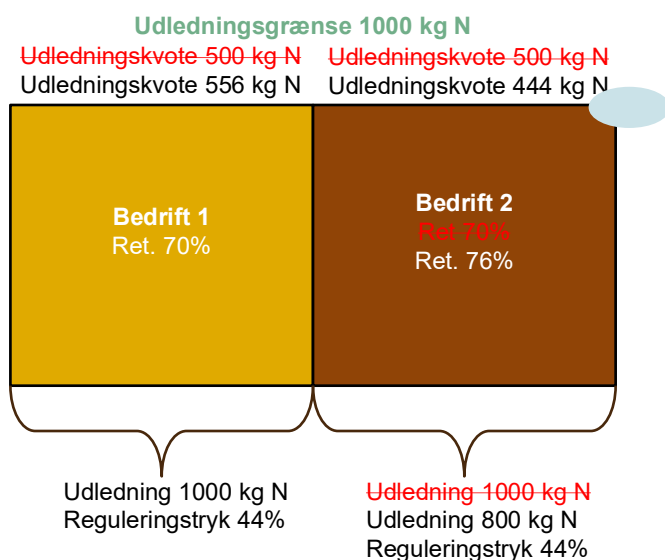
Principskitsen viser effekten af etablering af et minivådområde på bedrift 2 ved ren 100 % VISA. Det er illustreret, at bedrift 2 øger retentionen, og samtidig reduceres udledningen fra bedriften. Udledningskvoten fordeles nu, så bedrift 2 får mindre udledningskvote, og bedrift 1 får mere. Samlet set vil reguleringstrykket falde i oplandet. Ved 25 % FLAD-kvotetildeling vil bedrift 2 beholde 25 % af effekten selv.

Principskitse af minivådområde (100% VISA)



SEGES
INNOVATION

Principskitse af minivådområde (100% VISA)



Udledning

- Udledningen falder på bedrift 2
- Før var udledningen 30% nu er den 24%, faldet med 20%.

Udledningskvote

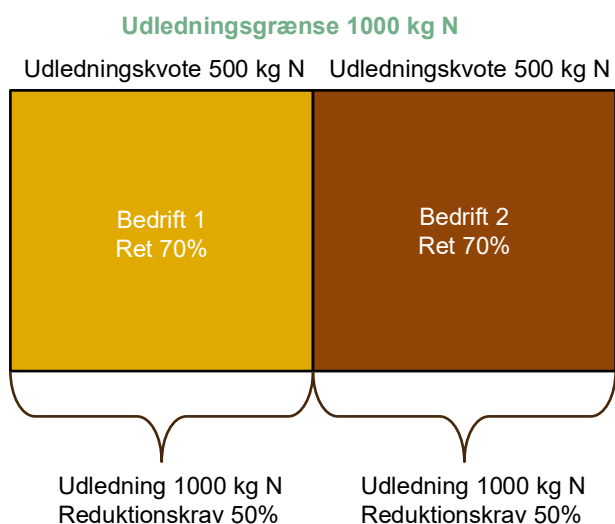
- Bedrift 2 udleder nu 20% mindre end bedrift 1, og skal have 20% mindre udledningskvote.
- 1000 kg fordeles mellem de to bedrifter, så bedrift 2 får 20% mindre udledningskvote

SEGES
INNOVATION

Udtagning af landbrugsareal

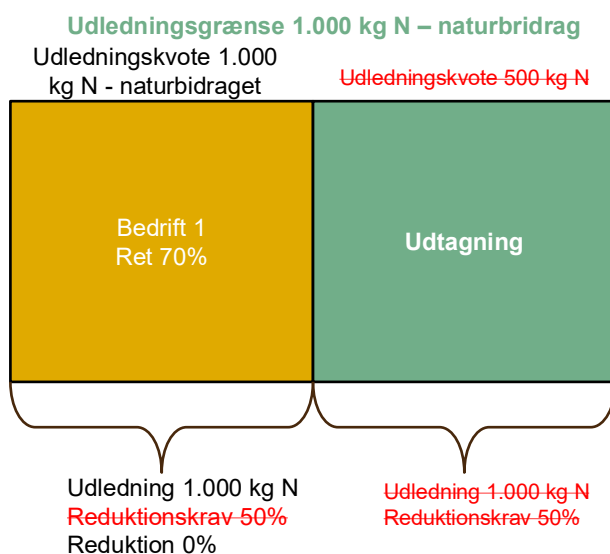
Udtagning af jord indgår også som et vigtigt element i at reducere reguleringstrykket på dyrkningsfladen. Princippet er, at når man udtager jord, skal det samme udledningsmål fordeles på et mindre areal, som vist i principskitserne. Det areal, som udtages, skal ikke have udledningskvote, og udledningen fra arealet indgår ikke som en del af udledningen fra dyrkningsfladen. Dog vil man indregne det udtagne areal med et naturbidrag i reguleringen.

Principskitse - udtagning af areal



SEGES
INNOVATION

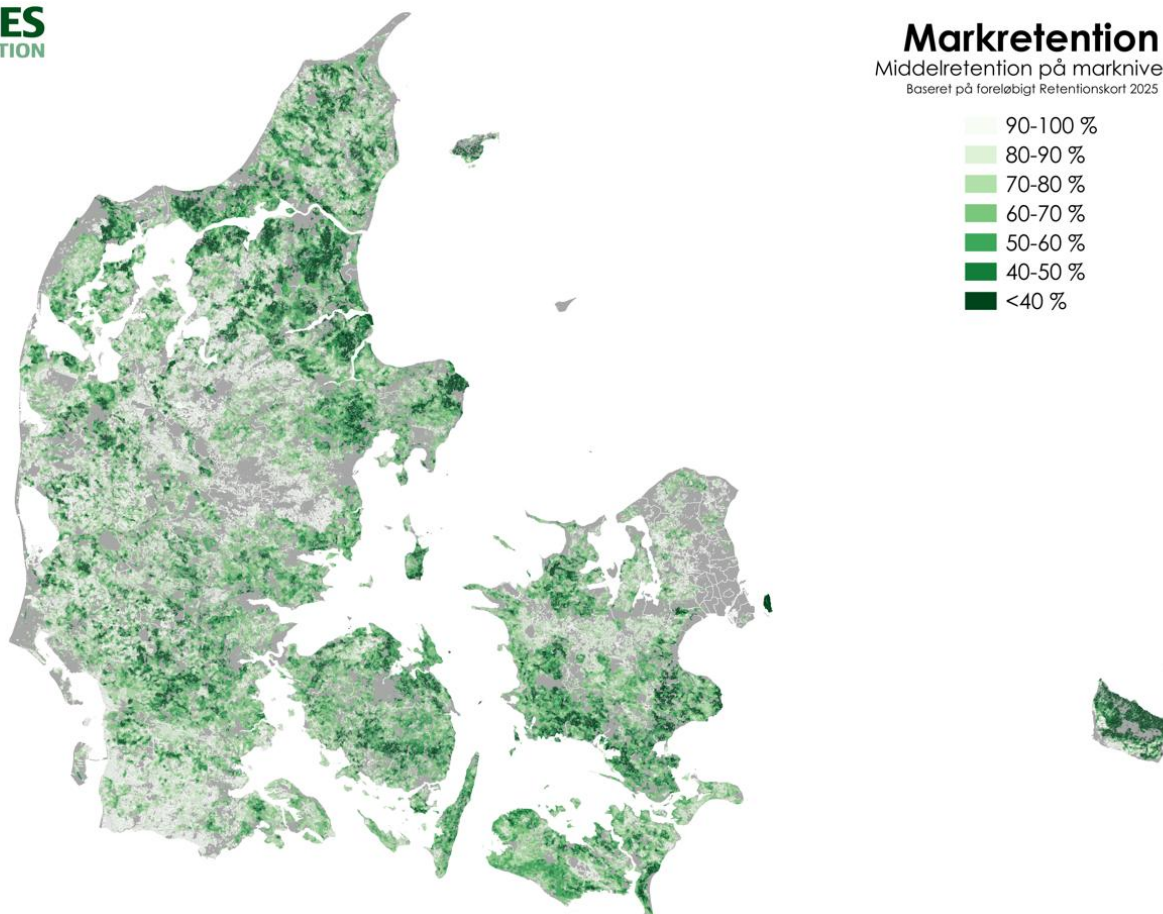
Principskitse - udtagning af areal



SEGES
INNOVATION

Tre hovedelementer i reguleringen

Der er tre hovedkomponenter i den nye regulering. Udledningen til kyst er målt i vandløbene, og reduktionsmålene er fastsat på baggrund af den nuværende udledning. Ca. 60 % af vandmiljøet er målt, og det resterende er beregnet. Kvælstofudvaskningen fra landbruget er beregnet med NLES5-modellen. Når man har beregnet udvaskningen med nuværende dyrkningspraksis i alle marker i et kystvandopland, sammenlignes den målte udledning i vandløbene med den beregnede udvaskning fra rodzonen. Det kvælstof, som ikke er i vandløbene, er reduceret/fjernet undervejs, og forskellen mellem udvaskning fra rodzone og udledning kaldes retention. Ved hjælp af en model, [Den Nationale Kvælstofmodel](#), er retentionen fordelt mellem marker i oplandet, og der er udarbejdet et nyt retentionskort, hvor man kan se retentionen på markniveau.



Baggrundsartikel om effekter på kvælstofudvaskningen i NUAR-beregneren

Den nye kvælstofregulering baseres på kvælstofudledningen til kyst, der bestemmes ud fra en beregning af udvaskningen fra rodzonen og den kortlagte kvælstofretention. Kvælstofudvaskningen fra rodzonen estimeres med NUAR-beregneren. Afgrødevalg og gødningspraksis for det aktuelle høstår har størst effekt på udvaskningen, men forfrugt har også effekt ligesom gødningstildeling to år tilbage i tid har effekt på den beregnede udvaskning.

Fra 2027 implementeres en ny kvælstofregulering på markfladen, hvor landbruget reguleres på kvælstofudledningen til kyst. Udledningen beregnes for den enkelte mark ud fra dels kvælstofudvaskningen fra rodzonen, der beregnes med den såkaldte NUAR-beregner, dels den kortlagte kvælstofretention. Reguleringen vil følge kalenderåret, sådan at dyrkningspraksis opgøres for hvert år. Modellen beregner dog udvaskningen for det agrohydrologiske år, så udvaskningsberegningen repræsenterer udvaskningen 1. april – 31. marts.

NUAR-beregneren bygger på den empiriske model NLES5. Ved empirisk forstås at modellen er baseret på målinger af kvælstofudvaskningen fra forskellig dyrkningspraksis og jorder. Modellen kan bruges til, på baggrund af en række data om dyrkningspraksis og jordtyper, at estimere kvælstofudvaskningen fra rodzonen fra marker i Danmark.

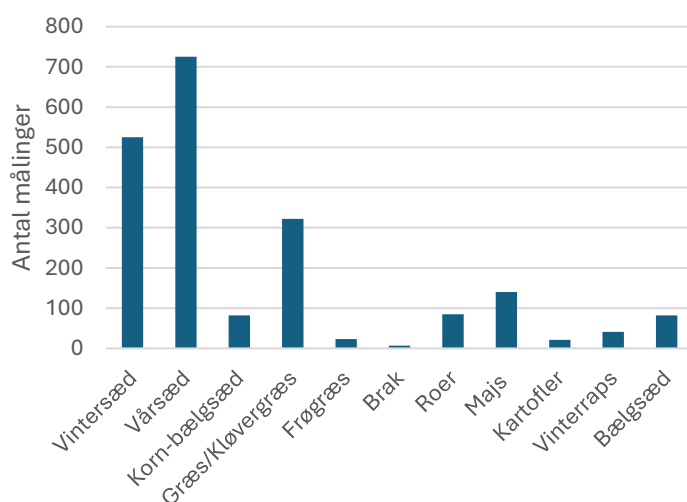
NLES5 og datagrundlaget for modellen er beskrevet i [DCArapport163.pdf](#)

Opbygningen af NUAR-beregneren er beskrevet i [NUAR-slutnotat 24. maj 2024.pdf](#)

I artiklen her beskrives de vigtigste elementer i NLES5 og NUAR-beregneren.

Datagrundlag

NLES5 er kalibreret på målinger fra LOOP (Landovervågningen) samt en række markforsøg, hvor forskellig dyrkningspraksis er afprøvet. Ud fra målinger af nitratkoncentrationen i jordvand med sugeceller og den estimerede afstrømning er kvælstofudvaskningen beregnet. Der er samlet 2053 observationer af denne slags til kalibrering af modellen. I figur 1 ses en oversigt over, hvor mange observationer der er inden for hver afgrøde. Der er klart flest målinger i de mest dyrkede afgrøder, vintersæd, vårsæd og græs.



Figur 1. Overblik over antal observationer indenfor de forskellige afgrødekategorier brugt til kalibrering af NLES5. I alt indgår 2053 observationer.

Modelopbygning

Det kan være vanskeligt at forstå en model, men grundlæggende beskriver modellen de forskelle, der er mellem grupper i de data, der indgår i kalibreringen, for eksempel forskelle i udvaskningen mellem jordtyper og afgrøder.

Modellen ser således ud og er altså et regnestykke, som med de rigtige input kan beregne en udvaskning fra en given mark. Bogstaverne udgøres af tal, hvis størrelse afhænger af dyrkning, jordtype og netto-nedbør på marken.

$$L = \tau(Y - 1991) + \{(\mu + \theta iN + C)^\kappa\} (P S)^p$$

L er således den beregnede udvaskning i kg N pr. ha fra rodzonen.

τ er en trendeffekt

Y er det år, man regner udvaskningen for.

μ er hældningen

θ er responsfaktoren på N-tildelingen tilknyttet vinterdækket.

N er effekten af kvælstofinput.

C er afgrødeeffekten.

κ er en parameter værdi, som μ , afgrødeeffekt og N-effekt opløftes med.

P er afstrømningen.

S er jordtypen.

p er en parameter, som korrigerer for bias i estimeringen på grund af brugen af kvadratrodstransformerede N udvaskningsværdier.

Her beskrives udvalgte parametre og effekter mere i dybden.

τ er trendeffekten, hvor Y er det år, man regner udvaskningen for. Tilsammen beskriver de en lineær trend over år, hvor udvaskningen falder med tiden. Faldet er indregnet for at tage højde for optimering af praksis, som man må forvente sker over år. Det kan for eksempel være grundet stigende udbytter som følge af sortsudvikling og mere præcis gødsning.

θi er ligeledes en parameter værdi, som er koblet på effekten af kvælstoftilførslen. Værdien afhænger af, om afgrøden har et stort (græs, kløvergræs, sukkerroer, foderroer og raps i etableringsåret) eller lille efterårslækket. Den virker således, at kvælstoftilførslen vil påvirke udvaskningen mere i afgrøder uden vinterdække.

S er jordtypen, som beskrives med lerprocenten, som ganges på en parameter værdi.

P er et udtryk, som beskriver effekten af afstrømningen. Afstrømningen er opdelt i to perioder, sept.-marts og april-aug., og de har en lidt forskellig parameter værdi tilknyttet. Selv om afstrømningen er opdelt i to perioder, beregnes der kun én udvaskningsværdi. I forbindelse med kvælstofreguleringen bliver udvaskningen ikke beregnet med det aktuelle års afstrømning. Effekten af afstrømning bliver beregnet ud fra et gennemsnit af effekterne af de historisk beregnede afstrømninger i perioden 2000-2021, dvs. på basis af 22 års afstrømningsdata. Afstrømningsdata er beregnet med modellen Daisy ud fra klimadata fra DMI's 10 km-grid. Der er beregnet afstrømningsdata for 8 kategorier af afgrøder. Ud over klimadata og afgrødekategori afhænger

afstrømningen også af typejorden, der er en jordbundskortlægning, hvor jordtypen i både A- og C-horizonten indgår, samt georegion.

Der er fastsat forskellige parameterverdier for afstrømningseffekten afhængig af jordtypen i overjorden. Der skelnes mellem to kategorier, nemlig grovsandet jord (JB1+JB3) og øvrige jordtyper. I denne sammenhæng er grovsandet jord defineret som jord med mindre end 10 pct. ler og mindre end 40 pct. finsand. Der er en ret betydelig niveauforskel i den beregnede udvaskning afhængig af jordtype-kategori.

Kvælstofeffekter i NLES5

N beskriver effekten af kvælstoftilførslen fra både jord og det kvælstof, som tilføres med gødningen. Det er en kombination af flere forskellige effekter, herunder organisk og mineralsk tilførsel af kvælstof. Den største effekt er fra det kvælstof, som tilføres i høståret, men i modellen indgår kvælstoftilførsel to år forud for høståret. Til hver kvælstoftype knytter sig en parameterværdi, hvor nogle kvælstoftilførsler har en højere værdi tilknyttet og vil have større effekt. For eksempel vil mineralsk kvælstof tilført i efteråret medføre større udvaskning, end når samme mængde tilføres i foråret.

Der indgår ni forskellige kvælstofeffekter i NLES5. De otte af disse omfatter gødningstilførsler. Jo større tilførsel, jo større vil udvaskningen være.

Desuden vil den gødning, som er tilført i de to foregående år, have effekt. Som det ses i tabellen, vil den organiske mængde N, mineralske N og det kvælstof, som fikseres fra kvælstoffikserende arter fra de to foregående år, have indflydelse på den beregnede udvaskning i høståret. De to år indgår på samme måde, således at det er gennemsnittet af det tilførte kvælstof, der ganges med den aktuelle parameterværdi. Eksempelvis, hvis der i forfrugtsåret er tilført 100 kg N, og der i forforfrugtsåret er tilført 200 kg N, vil den mineralske tilførsel som gennemsnit være 150 kg N og skal ganges med parameterværdien.

Tabel 1. Overblik af, hvordan effekten af gødningstildeling indgår i NLES5

År	N-effekt
Høstår	Mineralsk N forår
	Organisk N forår
	Kvælstoffiksering
	Mineralsk N fra afgræsning
	Mineralsk N efterår
Forfrugt og forforfrugtsår	Organisk N tilført
	Mineralsk N tilført
	Kvælstoffiksering

Kvælstoftilførslerne har forskellige effekter på udvaskningen, og det styres af parameterværdierne, som ses i tabel 2. Total-N i jord har den største parameterværdi, men total-N i overjorden ligger typisk med værdier på 1-4 tons, hvorfor total-N har mindre betydning end for eksempel mineralsk N forår i høstår, hvor der kan tilføres 100-300 kg N pr. ha. I reguleringen vil total-N for en given mark opnås fra et typejordskort, udarbejdet af Aarhus Universitet.

Tabel 2. Parameterværdier for kvælstofeffekter fra NLES5.

Kvælstofparameter	Parameterværdi
Total N i overjord (0-25 cm) (ton N)	0,456793
Mineralsk N efterår i høstår	0,157044
Mineralsk N forår i høstår	0,04957
Kvælstoffiksering i høstår	0,038245
Organisk N tilført forfrugt/forforfrugt	0,0265
Mineralsk N tilført forfrugt/forforfrugt	0,026499
Kvælstoffiksering i forfrugt/forforfrugt	0,025499
Mineralsk N fra afgræsning i høstår	0,016314
Organisk N forår i høstår	0,014099

Som det ses, har den organisk bundne mængde kvælstof, som tilføres i høståret, mindre betydning end den mængde organisk bundet kvælstof, som blev tilført i de foregående to år. Det skyldes, at udvaskningen af det tilførte kvælstof først sker efter en mineralisering.

Det kan også bemærkes, at når der tilføres organisk bundet kvælstof i høstårets efterår, vil det ikke tælle med i det pågældende år, men derimod i de to efterfølgende år. Organisk kvælstof, som er tildelt i forfrugter, opdeles ikke i forårs- og efterårstildelt, hvilket betyder, at organisk kvælstof vil have samme effekt uanset tildelingstidspunkt. Derimod vil det mineralske kvælstof, som ofte tildeles sammen med det organiske kvælstof, fx i gylle, udløse en større udvaskning end samme mængde mineralsk kvælstof tildelt i foråret.

Kvælstoffikseringen er den mængde kvælstof, som tilføres med fiksering, og vil bygge på standardtal. I kløvergræs vil fikseringen afhænge af N-tilførslen via gødning, så øget tilførsel af kvælstof vil mindske fikseringen og omvendt.

Afgrødeeffekter

C er afgrødeeffekten og er ligesom kvælstofeffekten en kombination af flere effekter, herunder høstafgrøde og plantedække i efteråret, men også forfrugt og vinterplantedække i forfrugt indgår i modellen. Parameterværdien skal dog lægges til de andre afgrødeparameterværdier samt kombineres med andre modeleffekter, så det giver ikke mening at se på afgrødeeffekterne isoleret.

Afgrødeeffekten udgøres af fire effekter, to der knytter sig til høståret, og to der knytter sig til forfrugtsåret. Afgrødeeffekten går altså kun ét år tilbage, hvorimod gødning, der er tildelt i de to foregående år, har effekt. Effekterne lægges sammen til en samlet afgrødeeffekt efter formlen:

$$C = \text{Effekt}_{\text{Hovedafgrøde}} + \text{Effekt}_{\text{Vinterplantedække}} + \text{Effekt}_{\text{Forfrugt}} + \text{Effekt}_{\text{ForfrugtVinterplantedække}}$$

De enkelte afgrøder indgår i forskellige hovedkategorier, hvortil der knytter sig en parameterværdi, som styrer deres effekt på udvaskningen. Det er vanskeligt at tolke effekterne hver for sig, og da de kombineres, er det vanskeligt at sige, hvilken effekt der har størst betydning. Overordnet kan man dog sige, at hovedafgrøden i høståret har størst betydning, hvorefter efterårsdækket i høståret har den næststørste betydning. Efterårs- og vinterplantedækket efter forfrugten har også en relativt stor effekt, hvorimod forfrugten har mindre betydning og er den af de fire, som har mindst effekt.

Tabel 3. De fire kategorier af afgrøde og plantedækker der indgår i modellen.

Hovedafgrøde
Efterårs- og vinterplantedække efter hovedafgrøde
Forfrugt
Efterårs- og vinterplantedække efter forfrugt

Parameterværdierne for hovedafgrøderne ses i tabellerne på næste side. Det ses for eksempel, at græs giver en lavere udvaskning end brak – alt andet lige. Normalt vil græs have en større udvaskning, fordi man tilføjer kvælstof.

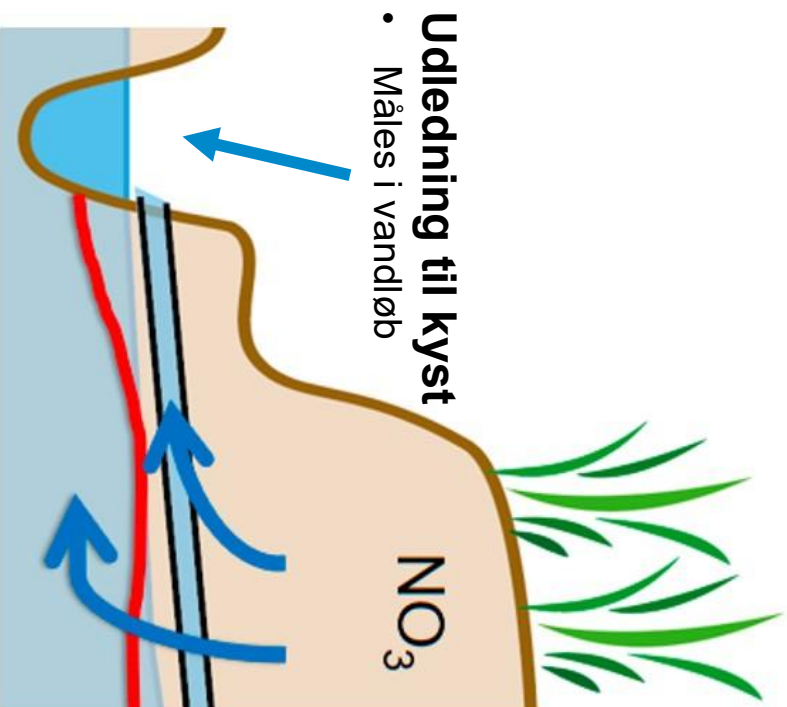
I tabellen ses parameterværdierne for efterårsdækket efter hovedafgrøden i høståret. Her ses for eksempel, at efterårsdækket af efterafgrøder og vinterraps ligger på samme niveau. Dog vil man ofte have en større udvaskning fra raps grundet tilførsel af kvælstof.

Ikke alle afgrøder indgår i kalibreringen af NLES5, og derfor tilknyttes alle afgrøder til de forskellige afgrødekategorier. Dette gøres på baggrund af viden om afgrødernes vækstperiode og dyrkningspraksis. I forbindelse med NUAR-arbejdet er alle afgrøderne placeret i en hovedafgrødegruppe i denne rapport: [Levering Afgr deparametrisering i NUAR-beregneren REVIDERET 120925.pdf](#).

Kilder:

Børgesen, C.D., Sørensen P., Blicher-Mathiesen G., Kristensen M.K., Pullens, J.W.M., Zhao J., Olesen J.E. 2019. NLES5 - An empirical model for predicting nitrate leaching from the root zone of agricultural land in Denmark. Aarhus University, DCA - Danish Centre for Food and Agriculture. 116 p. - DCA report No. 163. <http://web.agrsci.dk/djfpublikation/index.asp?action=show&id=1313>

Kvælstofudvaskning, retention og udledning til kyst



Udledning til kyst

- Måles i vandløb

3 komponenter i reguleringen:

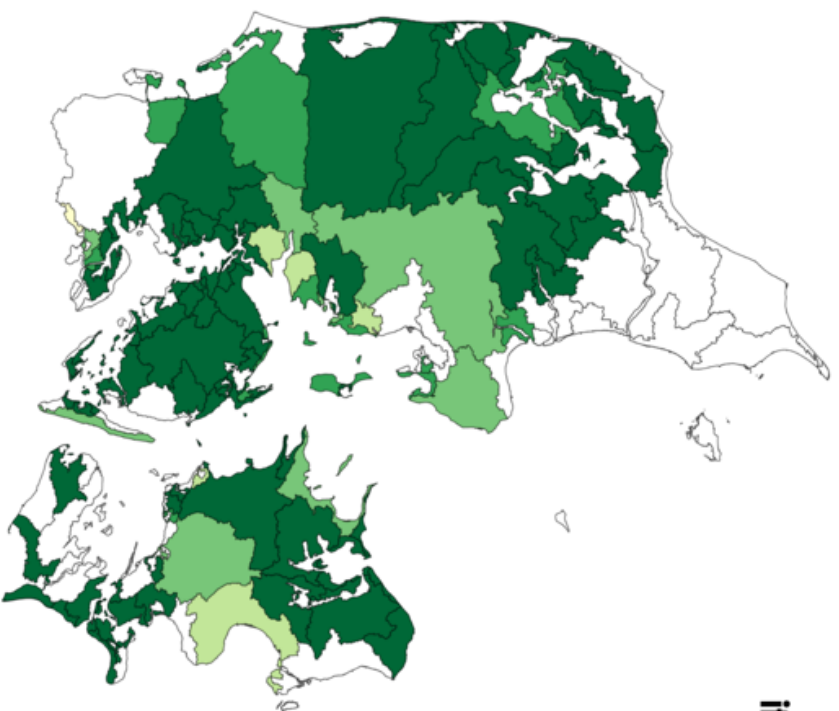
Kvælstofudvaskning fra rodzonen

- Måles i 1 meters dybde (sugeceller)
- Beregnes pr. mark (NUAR-beregner)

Kvælstofretention

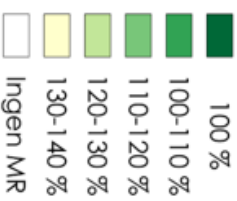
- Fjernelse af kvælstof mellem rodzone og kyst
- Forskel mellem beregnet udvaskning fra rodzonen og målt udledning i vandløb

Reguleringstryk i Kystvandoplande



**Udledningssgrænse
iff. braklægningspunkt**

Uden kollektive indsatser



Regulering til braklægnings-
punkt uden arealomlægning
(kollektive kvælstofindsatser)

Kortet er udarbejdet af SEGES Innovation og det er baseret på foreløbige data. De endelige udledningssgrænser, der bliver gældende i 2027, vil afhænge af omfanget af arealomlægning.

Tabel 1.2. Parameterværdier i NLES5 for afgrødeeffekt af hovedafgrøde (Børgesen et al., 2020a).

	Hovedafgrøde	Parameterværdier
M1	Vintersæd	0
M2	Vårsæd	-6,744
M3	Bælgæd-korn blanding	-7,279
M4	Græs og kløvergræs	-13,493
M5	Frøgræs	-17,478
M6	Brak	-11,192
M7	Sukkerroer og foderroer	-0,640
M8	Majshelsæd og kartofler	3,534
M9	Vinterraps	-7,319
M10	Vintersæd efter græs, kløvergræs, frøgræs og brak	-1,248
M11	Majshelsæd efter græs, kløvergræs, frøgræs og brak	19,524
M12	Vårsæd efter græs, kløvergræs, frøgræs og brak	-6,229
M13	Bælgæd og vårraps	-2,866

Tabel 1.3. Parameterværdier i NLES5 for afgrødeeffekt af efterårs- og vinterplantedække efter hovedafgrøde (Børgesen et al., 2020a).

	Efterårs- og vinterplantedække efter hovedafgrøde	Parameterværdier
W1	Vintersæd	0
W2	Bar jord	-2,055
W3	Bar jord efter majshelsæd og kartofler. Arealer med efterårsjordbearbejdning.	-0,456
W4	Efterafgrøder, undersået græs og brak	-15,959
W5	Ukrudt og spildkornplanter	-3,792
W6	Græs, kløvergræs, vinterraps, roer, frøgræs og udlægsafgrøder	-14,596
W7	Vintersæd efter græs og frøgræs (og brak)	-1,049
W8	Græs og kløvergræs (og brak) pløjet sent efterår eller vinter	-21,060

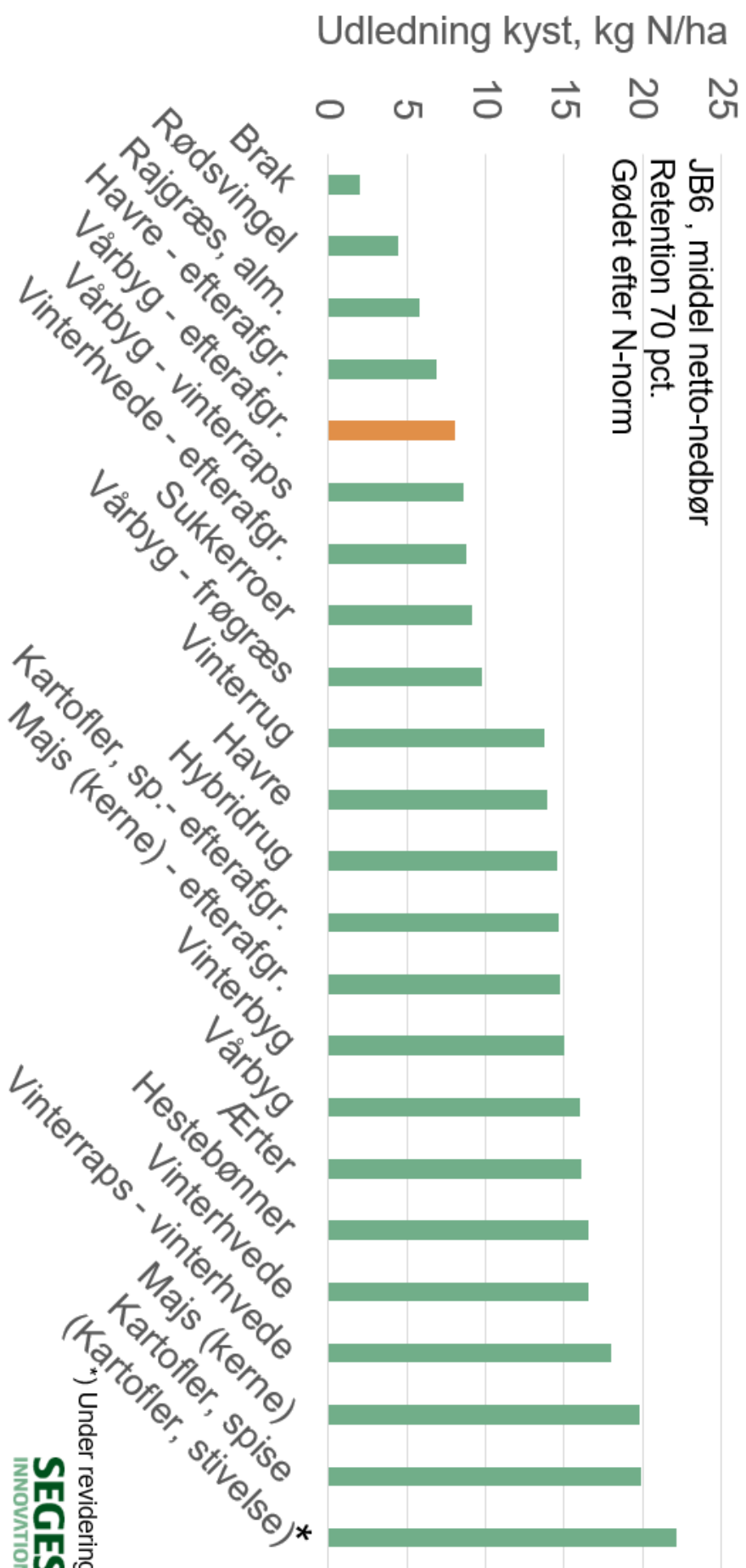
Tabel 1.4. Parameterværdier i NLES5 for afgrødeeffekt af forfrugt (Børgesen et al., 2020a).

	Forfrugt	Parameterværdier
MP1	Vintersæd	0
MP2	Andre afgrøder end vintersæd, græs, kløvergræs, frøgræs og brak	2,847
MP3	Græs, kløvergræs, frøgræs og brak	0,664
MP4	Vår- og vinterafgrøder efter græs, kløvergræs, frøgræs og brak	1,160

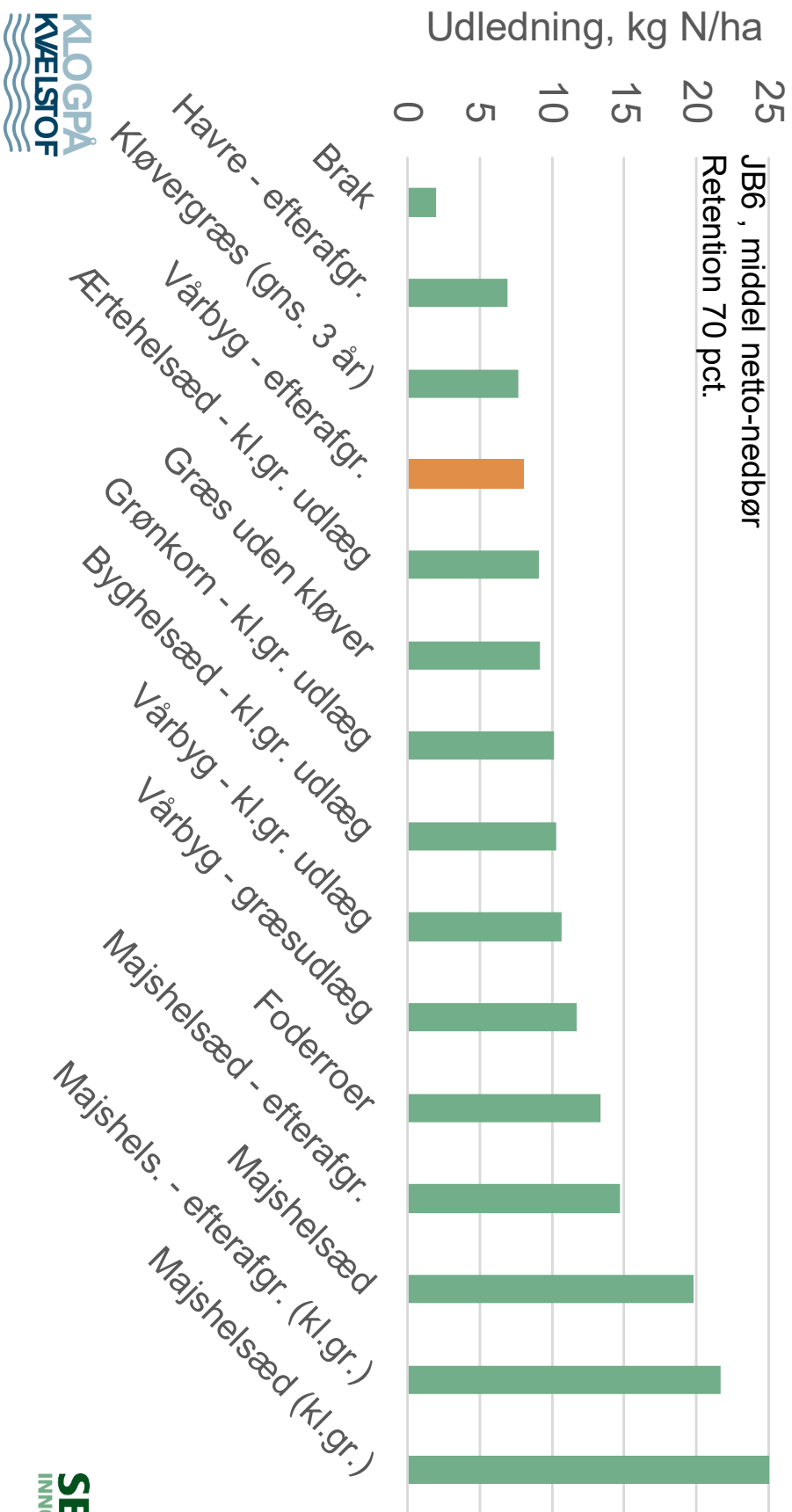
Tabel 1.5. Parameterværdier i NLES5 for afgrødeeffekt af efterårs- og vinterplantedække efter forfrugt (Børgesen et al., 2020a).

	Efterårs- og vinterplantedække efter forfrugt	Parameterværdier
WP1	Vintersæd	0
WP2	Bar jord og spildkorn	9,704
WP3	Græs og kløvergræs	10,601
WP4	Efterafgrøder	9,354
WP5	Frøgræs og brak	13,241
WP6	Sukkerroer, foderroer og hamp	5,483
WP7	Bar jord efter majshelsæd og kartofler	-1,572
WP8	Vinterraps	7,413
WP9	Bar jord eller vintersæd, der følger efter græs eller kløvergræs, frøgræs eller brak ompløjet forår	7,396
WP10	Bar jord eller vintersæd, der følger efter græs eller kløvergræs, frøgræs eller brak ompløjet efterår	10,975

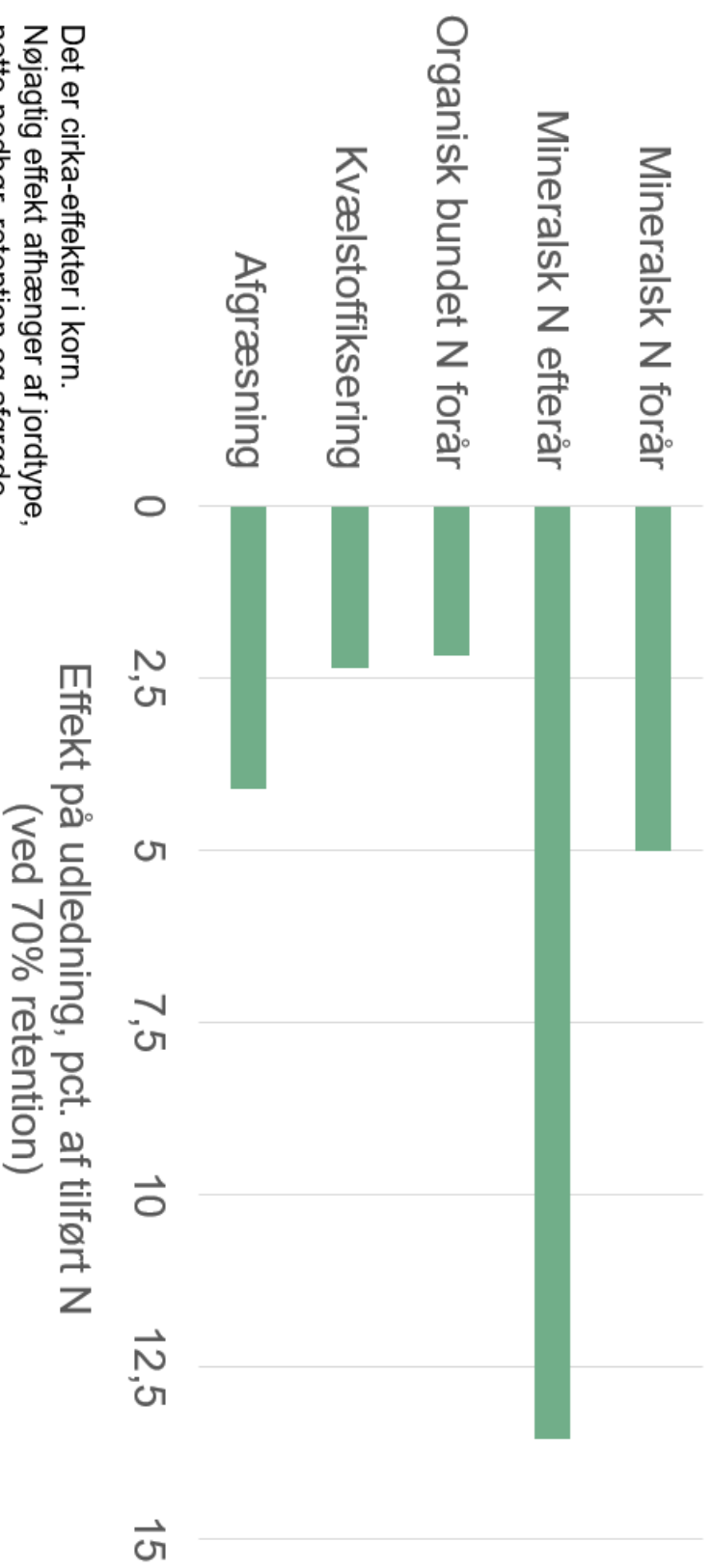
Afgrødevalg som virkemiddel



Afgrødevalg som virkemiddel (grovfoder)



Effekt af N tilført på kvælstofudledning i korn (JB6)



Det er cirka-effekter i korn.
Nøjagtig effekt afhænger af jordtype,
netto-nedbør, retention og afgrøde.

Effekt på udledning, pct. af tilført N
(ved 70% retention)

Reduktion af N-gødskning

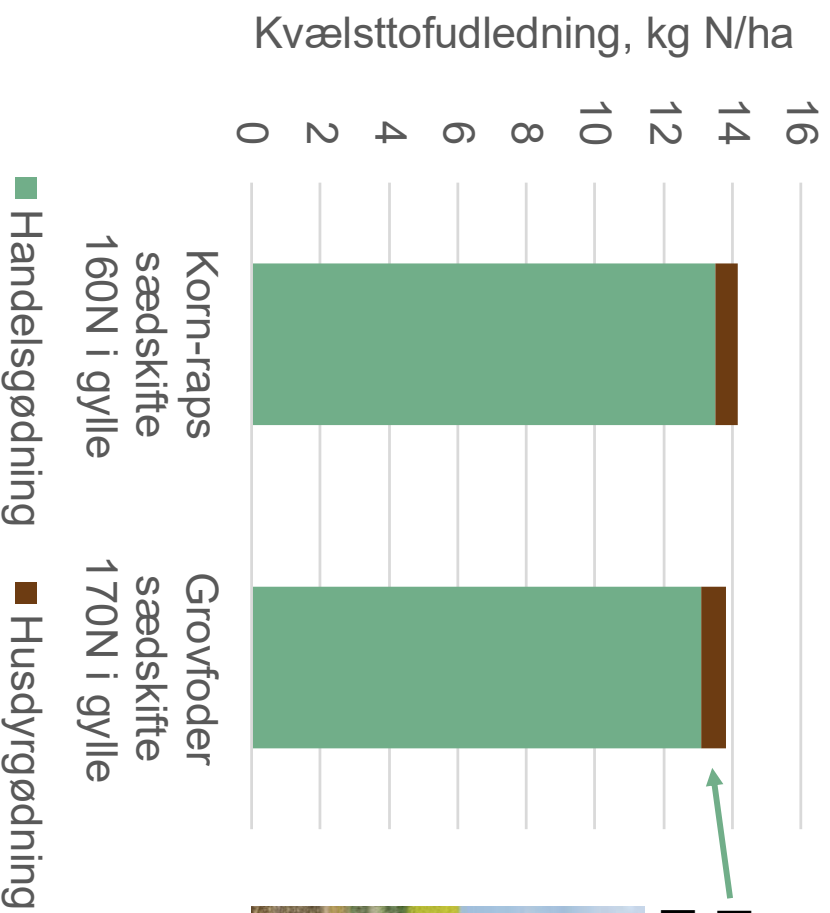
I gns. tilføres ca. 170 kg N pr. ha til afgrøderne.

Reduktion i N-gødskning, kg N/ha	Reduktion i udvaskning (Gns. 18 pct.), kg N/ha	Reduktion i udledning til kyst (70% retention), kg N/ha
10 kg N	1,8 kg N	0,5 kg N
100 kg N	18 kg N	5 kg N



Ca. 5 pct. af reduktionen i N-tilførslen slår igennem i vandmiljøet.

Husdyrgødning



Husdyrgødning (udbragt forår) giver kun merudledning på 4-5 pct.



Virkemidler på dyrkningsfladen

Efterafgrøder	Reduktion i kvælstof-udvaskning
Efterafgrøde 9. august	52 %
Efterafgrøde 20. august	45 %
Efterafgrøde 7. sept.	33 %
Mellemafgrøder	20%
Tidlig såning af vintersæd	20%
Præcisionslandbrug	4%



Foto: Efterafgrøde af olieræddike

Dato for såning / høst af dæksæd skal indberettes.

Præcisionslandbrug

Positionsbestemt gradueret tildeling af gødning i korn- og rapsmarker.

Efterafgrøder i majs	Reduktion i udvaskning
Høst 7. september	33 %
Høst 30. september	18 %
Høst 14. oktober	9 %