

**Responsum vedr. Aarhus Universitets
forsvar for beregningerne bag
Landbrugspakken**

**Responsum vedr. Aarhus Universitets
forsvar for beregningerne bag
Landbrugspakken**

Responsum vedr. Aarhus Universitets for-
svar for beregningerne bag Landbrugs-
pakken i: Redegørelse i forbindelse med
notatet "Analyse af forudsætninger for
Landbrugspakken" fra Danmarks Natur-
fredningsforening.

Responsummet er udarbejdet for Dan-
marks Naturfredningsforening af BMP
Analytics ApS.

Februar 2018

Indholdsfortegnelse

Baggrund	1
Resumé.....	2
Gennemgang af Aarhus Universitets forsvar for beregningerne bag Landbrugspakken	4
Appendiks.....	30
Referencer.....	36

Baggrund

Fødevarer- og landbrugspakken, der blev aftalt i 2015, er blandt andet baseret på beregninger af den gennemsnitlige kvælstofudvaskning på landsplan. På baggrund heraf er gødskningsreglerne ændret, så det nu er tilladt at anvende mere kvælstofgødning.

Da gødskningsreglerne tillader anvendelse af mere kvælstofgødning, er det vigtigt så præcist som muligt at fastlægge, hvor meget denne lempelse øger kvælstofudvaskningen. Kun således kan man foretage en retvisende vurdering af konsekvenserne for grundvand og havmiljø.

Aarhus Universitet har foretaget beregningerne, der ligger til grund for Fødevarer- og landbrugspakken. Man har anvendt en beregningsmetode, der forudsiger en betydeligt lavere udvaskning end tidligere metoder.

Den 26. november 2017 offentliggjorde Danmarks Naturfredningsforening en analyse, der påpegede væsentlige mangler og usikkerheder ved de beregningsmetoder, der ligger til grund for Fødevarer- og landbrugspakken. Analysen viste, at der ikke er forskningsmæssig basis for anvendelsen af den nye beregningsmetode.

Den 29. november 2017 offentliggjorde Aarhus Universitet en redegørelse, hvor universitetet forsvarede de beregningsmetoder, der er lagt til grund for Fødevarer- og landbrugspakken.

Resumé

I Danmarks Naturfredningsforenings rapport "*Analyse af forudsætninger for Landbrugspakken*" (herafter benævnt "Analysen") gennemgås centrale dele af de beregninger, Aarhus Universitet udførte i 2015 som fagligt grundlag for Fødevarer- og landbrugspakken (herefter benævnt "Landbrugspakken"). Det centrale element i disse beregninger var regnemodellen NLES4, der blev anvendt til at estimere merudvaskningen fra den øgede gødsning Landbrugspakken tillod.

Analysen blev offentliggjort d. 26. november 2017, og påpegede væsentlige mangler i Aarhus Universitets beregninger. Den 29. november 2017 fremlagde Aarhus Universitet en redegørelse, der forsvarede de beregninger, som ligger til grund for Landbrugspakken.

Aarhus Universitet tilbageviser ikke Analysens 4 hovedpointer

Analysen indeholder 4 hovedpointer:

1. NLES4's resultater er sammenlignet med et begrænset antal forsøgsresultater, hvor sammenligningen er udført på en misvisende måde
2. NLES4 er ikke analyseret for usikkerhed, og modellens resultater er ikke statistisk bekræftet
3. NLES4's kurveforløb for kvælstofudvaskningen ved øget kvælstofgødsning er ukorrekt
4. NLES4 beregner en væsentlig lavere ekstra kvælstofudvaskning ved øget kvælstofgødsning end tidligere beregnet, men årsagen til denne ændring er ukendt

I forsvaret koncentrerer Aarhus Universitet sig om hovedpointe 1. Universitetets forsøg på at tilbagevise denne pointe indeholder imidlertid en række fejl og forkerte antagelser. I sit forsvar kommenterer Aarhus Universitet hovedpointe 2 med argumentet om, at der er taget "de nødvendige forbehold". Aarhus Universitet forsøger ikke at tilbagevise hovedpointerne 3 og 4, selv om disse to pointer er helt centrale, og i sig selv er tilstrækkelige til at kunne tilbagevise beregningerne bag Landbrugspakken.

Aarhus Universitet begår statistiske fejl

Den centrale disciplin i forhold til beregningerne bag Landbrugspakken er *statistisk modellering*. Denne disciplin har veletablerede metoder og et veletableret begrebsapparat. Aarhus Universitet anvender grundlæggende begreber fra denne disciplin ukorrekt.

Aarhus Universitet har foretaget en sammenligning af resultater fra regnemodellen NLES4 med et begrænset antal forsøgsresultater. Her sammenlignes bl.a. etårige forsøgsresultater med den mangeårige NLES4-beregnete effekt. Som påpeget i Analysen, er dette statistisk fejlagtigt. På trods heraf forsvarer Aarhus Universitet denne åbenlyst forkerte fremgangsmåde.

For de danske, flerårige forsøgsresultaters vedkommende sammenligner Aarhus Universitet NLES4-beregningerne med resultater overvejende fra forsøg på økologisk drevne marker. Denne sammenligning foretager Aarhus Universitet på trods af, at det økologiske areal i Danmark er ca. 7 %, og på trods af, at fokus er på betydningen af øget tilførsel af kvælstof fra kunstgødning, som ikke anvendes i økologisk jordbrug.

Yderligere er disse forsøg ikke uafhængige, da Aarhus Universitet har anvendt data fra samme forsøgsserier til at konstruere NLES4.

Slutteligt medfører designet af de anvendte forsøg, at man ikke på faglig korrekt vis kan udregne en marginaludvaskning.

NLES4 er ikke valideret

Når man anvender en regnemodel til omfattende konsekvensberegninger, således som det er tilfældet med NLES4, skal modellen valideres. Det vil sige, at modellen skal bekræftes med tilstrækkeligt mange uafhængige data. Der skal desuden udføres usikkerhedsberegninger.

Aarhus Universitet har hverken udført valideringer eller usikkerhedsberegninger.

Der er ikke forskningsmæssigt belæg for valget af NLES4

Den tidligere anvendte NLES3-model beregner en væsentlig højere gennemsnitlig marginaludvaskning end NLES4-modellen, som er anvendt i Landbrugspakken (henholdsvis ca. 30 % og ca. 18 %). Aarhus Universitet har ikke foretaget analyser af denne forskel, så årsagen til dette er ukendt. Dermed er der ikke forskningsmæssigt belæg for at hævde, at den senest anvendte regnemodel NLES4 har en mere korrekt marginaludvaskning end NLES3.

Aarhus Universitets valg af regnemodel er ikke foretaget på baggrund af relevante analyser. Dermed kan marginaludvaskningen lige så vel være 30 % som 18 %.

Aarhus Universitet fejlfortolker Analysen

Marginaludvaskningen fra forsøgsresultaterne er betydeligt højere end de NLES4-beregnedede værdier. Dette demonstreres i Analysen. Når virkelighedens marginaludvaskninger således er højere end modellens, kan man forestille sig, at dette også må gælde på landsplan.

Dette er dog ikke en valid konklusion, da Aarhus Universitets datamateriale er for spinkelt. Man kan heller ikke ud fra den højere marginaludvaskning i forsøgene konkludere, at NLES3 nødvendigvis regner mere korrekt end NLES4.

Ikke desto mindre fortolker Aarhus Universitet Analysen som om, disse to konklusioner er indeholdt i den. Aarhus Universitet hævder yderligere, at Analysen skalerer de etårige marginaludvaskninger til en samlet flerårig effekt. Dette er en misforståelse af de forholdsvis simple udregninger i Analysen.

I nærværende resposum konkluderes det, at Aarhus Universitets forsvar ikke tilbageviser de væsentlige mangler ved beregningerne bag Landbrugspakken.

Gennemgang af Aarhus Universitets forsvar for beregningerne bag Landbrugspakken

Herunder gennemgås Aarhus Universitets forsvar, offentliggjort d. 29.11.2017.

Kommentarerne er skrevet ind i Aarhus Universitets forsvar. Universitetets originale tekst er bibeholdt ordret. Universitetets forsvar er gengivet med blå overskrifter og sort brødtekst. Kommentarerne følger løbende i tekstboks med grøn skrift.

Anvendte benævnelser i tekstboksene:

- "Tilbagerulningsnotatet" refererer til Børgesen et al. (2015).
- "Analysen" refererer til Bjørn Molt Petersen, 2017. Analyse af forudsætninger for Landbrugspakken. Rapport fra Danmarks Naturfredningsforening.
- "AU": Aarhus Universitet.
- "Landbrugspakken": Fødevarer- og landbrugspakken, aftalt i 2015 mellem den daværende regering, Liberal Alliance, Dansk Folkeparti og De Konservative.

Redegørelse i forbindelse med notatet

"Analyse af forudsætninger for Landbrugspakken"

fra Danmark Naturfredningsforening

Gitte Blicher-Mathiesen², Christen Duus Børgesen¹, Brian Kronvang², Ingrid K. Thomsen¹, Elly M. Hansen¹, Jørgen E. Olesen¹ og Jørgen Eriksen¹

¹Institut for Agroøkologi, ²Institut for Bioscience

Sammendrag

Danmark Naturfredningsforening (DN) har rejst kritik af Aarhus Universitets (AU) beregninger af marginaludvaskningen som følge af øget kvælstofgødning ("Tilbagerulningsnotatet", Børgesen et al., 2015), som blev gennemført i november 2015 for Miljø og Fødevareministeriet forud for at Regeringen vedtog Landbrugspakken. Kritikken retter sig primært mod i) valg af model (NLES4 frem for NLES3), ii) manglende usikkerhedsvurdering af NLES4 samt iii) uoverensstemmelse mellem den gennemsnitlige marginaludvaskning beregnet med NLES4 og refererede forsøgsresultater i internationale artikler, idet DN forudsætter, at de anvendte referencer udgør en verificering af beregningerne i Tilbagerulningsnotatet.

Boks 1)

En *verificering* af en model er en regneteknisk øvelse. Verificeringen skal eftervise, at modellens udregninger er korrekte i forhold til de opstillede ligninger og algoritmer. Det må formodes, at AU har foretaget en fyldestgørende verificering af NLES4.

AU mener formentlig *validering*, hvilket er noget helt andet. En validering er en afprøvning på data, der ikke er anvendt til konstruktion af modellen. *Verificering* og *validering* er således to vidt forskellige begreber ift. udvikling af statistiske modeller (se f.eks. Mazzotti og Vinci, 2016).

I forhold til begrebet validering, er AUs sammenligning med resultaterne fra internationale artikler ikke så omfattende og så repræsentativ, at den kan betegnes som en validering.

Det er ikke et kritikpunkt i Analysen, at man har undladt at anvende NLES3. Kritikpunktet er, at valget af NLES4 frem for NLES3 (og dermed en marginaludvaskning på 18 % i stedet for ca. 30 %) ikke er baseret på valide faglige begrundelser.

AUs forsøg på at identificere Analysens primære kritikpunkter mangler et væsentligt element. Dette er, at NLES4-marginaludvaskningen i forhold til stigende kvælstofmængder udgør en næsten ret linje. Et sådant kurveforløb er ikke realistisk.

Nærværende redegørelse adresserer kritikpunkterne i DN-notatet.

- DNs gennemgang af marginaludvaskningen forudsætter fejlagtigt, at NLES4's opdeling af marginaludvaskningen i en førsteårseffekt og langtidseffekt kan overføres på enkeltforsøg, herunder de individuelle forsøg der er angivet i Tilbagerulningsnotatet.

Boks 2)

Den fagligt korrekte sammenligning for etårige forsøg er den etårige udvaskningsrespons. AUs sammenligning mellem etårige forsøgsresultater og den mangeårige NLES4-marginaludvaskning er statistisk set ukorrekt og udgør en alvorlig bias (skævvridning). Dette eftervises i afsnit 2 i Appendiks.

Der er i Analysen (side 9) lagt vægt på, at der ikke primært bør udføres en sammenligning med enkeltforsøg. I Analysen udføres derfor en sammenligning med det samlede resultat fra forsøgene, via deres gennemsnit og medianværdi.

- Datagrundlaget for NLES4 giver ikke mulighed for en pålidelig opdeling af førsteårs- og flerårseffekt på marginaludvaskningen.

Boks 3)

Denne påstand er i modstrid med de statistiske principper for NLES4 (se boks 14). Modellens førsteårseffekt kan yderligere udregnes helt præcist (se Analysens Appendiks, afsnit 4).

Modellens marginaludvaskning belyser med størst sikkerhed den flerårige effekt.

Boks 4)

At NLES4 belyser den flerårige marginaludvaskning med størst sikkerhed, er et postulat. De tilgængelige analyser af NLES4, som AU har foretaget, kan hverken be- eller afkræfte dette.

- De internationale artikler, som DNs analyse i høj grad bygger på, kan ikke betragtes at udgøre en væsentlig del af det forskningsmæssige grundlag for NLES4-beregningerne, som det forudsættes af DN.

Boks 5)

AUs sammenligning med de internationale artikler udgør Tilbagerulningsnotatets begrundelse for, at marginaludvaskningen fra NLES4 er mest korrekt. Denne sammenligning er en væsentlig del af *legitimiteten* for anvendelsen af NLES4 frem for NLES3. Her kan eksempelvis henvises til miljø- og fødevarerministerens besvarelse af spørgsmål nr. 568 (MOF alm. del) stillet 3. marts 2016:

”Det er især den såkaldte marginaludvaskning, der beskriver den andel eller procentdel af kvælstof, der udvaskes ved tilførsel af en given mængde ekstra kvælstof, der har ændret sig fra NLES-3 til NLES-4. Tidligere var marginaludvaskningen estimeret til omtrent 1/3, hvorimod de seneste estimater fra Aarhus Universitet viser, at marginaludvaskningen er ca. 1/5. Marginaludvaskningen, beregnet med NLES4, er i bedre overensstemmelse med resultater af nationale og internationale studier.” Den påståede ”bedre overensstemmelse” (ift. NLES3) er hovedargumentet i dette svar, og dermed central i legitimeringen af anvendelsen af NLES4 frem for NLES3. Derfor er det vigtigt at afklare, om der faktisk er en sådan ”bedre overensstemmelse”. Det fremgår af Analysen (side 11), at der ikke er ”bedre overensstemmelse”. Det fulde svar på MOF-spørgsmålet kan ses i Appendiks, afsnit 5.

I forhold til sideantal, er det korrekt, at den detaljerede behandling af de internationale artikler fylder mest i Analysen. Årsagen til dette er de omfattende fejl og skævvridninger i Tilbagerulningsnotatets behandling af disse artikler. En detaljeret afdækning af disse fejl er væsentlig.

Analysen indeholder 4 centrale pointer:

1. AU foretager en ukorrekt sammenligning mellem modelresultater og forsøgsresultater. Analysens korrekt udførte beregninger og sammenligninger understøtter ikke NLES4-marginaludvaskningen.
2. I lyset af den omfattende ændring af praksis, som implementeringen af Landbrugspakken indebærer, er det alvorligt, at der ikke er foretaget en usikkerhedsberegning af NLES4.
3. Analysen demonstrerer, at NLES4-marginaludvaskningen, i forhold til stigende kvælstofmængder, udgør en næsten ret linje. Dette er urealistisk.
4. AU har ikke foretaget en analyse af årsagerne til den betydelige forskel i marginaludvaskning af kvælstof beregnet med henholdsvis NLES3 og NLES4. Valget af NLES4 som regnemodel for Landbrugspakken er derfor ikke forskningsmæssigt underbygget.

Ovenstående fire pointer bygger på et bredt grundlag. Heri indgår bl.a. den matematiske opbygning af NLES4, tilgængelige informationer om datasættene bag NLES3 og NLES4, tilgængelige informationer om udregningen af NLES4-marginaludvaskningen til 18% på landsplan, de 5 internationale artikler samt øvrige publikationer anvendt i Tilbagerulningsnotatet.

AUs forsvar er ufuldstændigt, da det ikke forholder sig til helt centrale elementer i Analysen: Pointe 1 imødegås særdeles detaljeret og med talrige fejlslutninger. Pointe 2 imødegås relativt vagt ved at hævde, at der er taget ”de nødvendige forbehold”. Pointe 3 og 4 imødegås ikke.

- Afgrødesammensætningen i de tre ud af fem af DN valgte artikler svarer til, at majs, som har den højeste marginaludvaskning, udgør 80 % af landbrugsarealet mod 7 % for marker i hele landet og sammenligningen med den gennemsnitlige NLES4-estimerede marginaludvaskning er derfor ikke repræsentativ og kan ikke danne grundlag for konklusioner mht. NLES4s anvendelighed.

Boks 6)

Det er ikke DN men AU, der har udvalgt de data, der forsøges anvendt til at understøtte størrelsesordenen af NLES4-marginaludvaskningen. Data fra de 5 artikler AU har udvalgt, svarer til, at der er 57 % majs og 21 % overvejende økologiske sædskifter. Dette er meget langt fra den danske sammensætning af sædskifter.

Den ikke-repræsentative sammensætning er derfor et kritikpunkt, der peger tilbage på AU. AU anvender disse 5 artiklers ikke-repræsentative resultater til en vurdering af niveauet på landsplan for marginaludvaskning beregnet med NLES4 (Tilbagerulningsnotatet side 19).

Analysens samlede vurdering af anvendeligheden af NLES4, blandt andet i forhold til NLES3, bygger på et bredt grundlag (se boks 5), hvoraf 3 af de 5 artikler udgør en afgrænset del. 3 af de 5 artikler er velegnede til at undersøge en spændvidde af kurveforløb for marginaludvaskningen, men kan slet ikke anvendes til en direkte skalering til landsplan. Derfor er der ikke foretaget en sådan opskalering i Analysen.

- AU anvendte NLES4, da denne nyere model langt bedre beskriver vand og dermed kvælstofs transport fra jordoverfladen ned gennem jorden og dermed størrelsen af kvælstoftabet. Derudover bygger NLES4 på betydeligt flere målinger end NLES3.

Boks 7)

Det er ikke sandsynliggjort, at denne bedre beskrivelse af vandtransporten hos NLES4 har afgørende betydning for, hvorvidt NLES3 eller NLES4 udregner den mest retvisende marginaludvaskning. Det må yderligere anses for udelukket, at en bedre beskrivelse af vandtransporten kan være væsentlig i forhold til den store forskel i marginaludvaskningen mellem de to NLES-versioner.

Ca. ¼ af de data, der indgår i NLES4, indgår også i NLES3. Hvis det er de sidst tilkomne ¼ data, der ændrer den samlede NLES4-marginaludvaskning så drastisk, som det er tilfældet her, er det en blinkende advarsel om, at der er et eller flere alvorlige problemer med NLES-modelkonceptet. Der er 11 % flere målinger i NLES4 end i NLES3 (visse målinger fra NLES3 er ikke anvendt i NLES4). En forøgelse på 11 % kan ikke i denne sammenhæng kvalificere til betegnelsen "betydeligt flere".

- Det er korrekt, at der ikke er foretaget en usikkerhedsvurdering og uafhængig validering af NLES4. Dette fremgik allerede af Tilbagerulningsnotatet, hvor der også er taget de nødvendige forbehold for dette.

Boks 8)

I Tilbagerulningsnotatet anføres: *"Der er ikke foretaget en egentlig validering og usikkerhedsvurdering af NLES4-modellen. En analyse af usikkerhed og validering af NLES3 er beskrevet i Larsen and Kristensen (2007). Her blev valideringen foretaget ved at estimere modellens parametre på en delmængde af observationer. Det blev fundet, at udvaskningsfunktionen var forholdsvis stabil og at usikkerheden på en enkelt prædiktions mellem estimeret og målt værdi lå mellem 20 og 40 %, men faldt til mellem 10 og 30 % hvis beregningen blev foretaget på flere år eller mange marker."*

Der er ikke i Tilbagerulningsnotatet taget "de nødvendige forbehold". Det nævnes, at der ikke er foretaget "en egentlig" validering og usikkerhedsvurdering af NLES4. Derefter refereres til hovedtrækene i valideringen og usikkerhedsvurderingen af NLES3. Dette kan give indtryk af, at de generelle resultater herfra kan overføres til NLES4. AU understreger ikke nødvendigheden af at foretage validering og usikkerhedsvurdering af en regnemodel. AU understreger heller ikke, hvor alvorligt det er at udelade dette. Således har AU ikke taget "de nødvendige forbehold" i en kommunikation fra eksperter til ikke-eksperter.

Som et andet væsentligt punkt, i forhold til usikkerheden i AUs beregninger, gør Analysen rede for, hvorfor og hvordan man burde have undersøgt den meget store forskel i marginaludvaskningen mellem NLES3 og NLES4 (henholdsvis ca. 30 % og ca. 18 %).

Før en sådan undersøgelse foreligger, er der ikke forskningsmæssigt belæg for at hævde, at NLES4 beregner en mere korrekt marginaludvaskning end NLES3. Dette er en central pointe i Analysen (se også boks 5 ovenfor). AU har ikke anfægtet denne pointe i deres forsvar.

Samlet set giver DNs kritik ikke anledning til at ændre AUs konklusioner om marginaludvaskningen fra november 2015.

Boks 9)

AUs forsvar bygger på:

- misforståelser af Analysens præmisser
- fejlagtige opfattelser og fortolkninger af Analysens udregninger
- ikke-underbyggede påstande
- antagelser, der er i strid med statistiske grundprincipper

Kommentarerne i herværende responsum tilbageviser samtlige AUs indvendinger mod Analysen. Herudover forholder AU sig ikke til centrale dele af den kritik, Analysen rejser (se boks 5).

Analysen påpeger, at Tilbagerulningsnotatet:

- beror på metodefejl
- rummer regnefejl
- drager fejlagtige konklusioner

AUs forsvar giver ikke anledning til ændring af Analysens indhold eller konklusioner.

Analysens påpegning af den betydelige usikkerhed i det forskningsmæssige grundlag for Landbrugs-pakken står uantastet.

Analysen viser, at valget af NLES4 frem for NLES3 ikke er foretaget på baggrund af relevante og tilstrækkelige undersøgelser.

Indledning

DN har rejst kritik (Danmarks Naturfredningsforening, 2017) af AUs beregninger af ændret kvælstofudvaskning som følge af øget kvælstofgødning, også kaldet marginaludvaskning, som blev gennemført i november 2015 for Miljø og Fødevarerministeriet ("Tilbagerulningsnotatet", Børghesen et al., 2015) forud for, at Regeringen vedtog Landbrugspakken.

DNs kritik bygger på beregninger foretaget af Bjørn Molt Petersen (BMP), BMP Analytics for DN og refereret i pressen ultimo november 2017. Kritikken fremhæver, at beregningerne af marginaludvaskningen er meget usikre, og at marginaludvaskningen i virkeligheden er langt højere end det fremgår af AUs beregninger.

Boks 10)

Som Analysen viser, er beregningerne bag Landbrugspakken meget usikre. Det hævdes ikke i Analysen, "at marginaludvaskningen i virkeligheden er langt højere end det fremgår af AUs beregninger". Det datasæt, AU har valgt som basis for vurderingen i Tilbagerulningsnotatets afsnit 2.5, er hverken stort nok eller tilstrækkeligt repræsentativt i forhold til en konklusion af denne art.

Analysen pointerer *usikkerheden* i den udregnede marginaludvaskning.

AU refererer i øvrigt til kritik i pressen og holder sig således ikke til den kritik, der er i Analysen. Udsagnet vedrørende den fremførte kritik er ikke korrekt i forhold til Analysen.

DN fremfører bl.a., at AU burde have anvendt den ældre model NLES3 i stedet for den nyere model NLES4.

Boks 11)

Ovenstående sætning fordrejer Analysens pointer. I Analysen fremhæves, at AU ikke har fremført resultater, som understøtter, at NLES4-marginaludvaskningen skulle være mere korrekt end NLES3-marginaludvaskningen. AUs valg af NLES4 frem for NLES3 er således vilkårligt, da det ikke er foretaget ud fra systematiske kvalitetskriterier. AU har ikke analytisk basis for at hævde, at NLES4 udregner den mest korrekte marginaludvaskning. Omvendt er der heller ikke analytisk basis for at hævde, at NLES3 udregner den mest korrekte marginaludvaskning.

DNs kritik blev diskuteret på et møde den 27. november 2017 mellem BMP og hovedparten af forfatterne til denne redegørelse. Nærværende redegørelse diskuterer og svarer på BMP's kritikpunkter.

DN opdeler i førsteårs- og langtidseffekt

I DN-analysen antages, at der kan skelnes mellem en førsteårseffekt og en flerårseffekte ud fra en matematisk opsplitning af modellen, hvor førsteårseffekten for den gennemsnitlige marginaludvaskning på ca. 18 % beregnes af DN til 8 % og den langsigtede effekt til 10 %.

I DN-notatet sammenlignes de 8 % herefter med de marginaludvaskninger, der er henvist til i litteraturen i Tilbagerulningsnotatet.

Boks 12) Dette er ukorrekt. De 8 % bliver ikke i Analysen sammenlignet med de marginaludvaskninger, der er *henvist til* i litteraturen i Tilbagerulningsnotatet. De 8 % bliver udelukkende sammenlignet med de værdier for marginaludvaskningen, som *udregnes* i Analysen.

Således bliver forholdet mellem de 8 % og 18 % brugt til at skalere forsøgsresultaterne, der indgår i litteraturen for etårige forsøg, til den samlede flerårige effekt.

Boks 13)

Ovenstående udsagn er en alvorlig misforståelse af Analysens udregninger. Der bliver ikke i Analysen multipliceret/ekstrapoleret for at danne en samlet flerårig effekt ud fra de etårige forsøg. Tallene i Analysens tabel 1 viser således de etårige forsøgs marginaludvaskninger *uden nogen efterbehandling*. Hvis Analysen, som AU påstår, indeholdt en sådan "skalering", ville det have været en tvivlsom fremgangsmåde, videnskabeligt set. I Analysen er der gjort præcis rede for beregningsmetoden. Det står ikke klart, i hvilket omfang denne fejlsluttelse har influeret på de øvrige misforståelser i AUs forsvar.

Datagrundlaget for parameterisering af NLES4 indeholdt imidlertid ikke data, der specifikt tillader en opdeling af marginaludvaskningen i hhv. en førsteårs- og en flerårseffekt. Opdelingen bliver derfor i sagens natur behæftet med stor usikkerhed. Hovedparten af datagrundlaget for NLES4 bygger på målinger over flere år og afspejler således den langsigtede effekt.

Boks 14)

Ovenstående udsagn er en misforståelse af NLES4's virkemåde. NLES4-modellens parametre $\beta_2 - \beta_4$ har, forenklet udtrykt, intet andet formål end at bidrage med førsteårseffekten for udvaskningen, mens parameteren β_1 , igen forenklet udtrykt, bidrager med flerårseffekten. Selv om AU hævder, at denne skelnen ikke er mulig på de foreliggende data, er hele den statistisk-matematiske opbygning af NLES3 og NLES4 netop baseret på en opdeling mellem førsteårseffekt og flerårseffekt. Det må antages, at AU ved opbygningen af NLES-modellerne anså dette opdelingsprincip for brugbart og validt.

Modellens marginaludvaskning belyser med størst sikkerhed den flerårige effekt.

Boks 15)

De tilgængelige analyser kan hverken be- eller afkræfte ovenstående postulat, da der ikke er foretaget en afklarende kvantitativ undersøgelse.

DN har sat NLES4 op på et meget begrænset datagrundlag, som derefter er kalibreret til at ramme de gennemsnitlige resultater for marginaludvaskningen for hele landet opgjort i Tilbagerulningsnotatet (Børgesen et al., 2015). Efterfølgende er marginaludvaskningen delt op i en førsteårs marginaludvaskningseffekt og en flerårig effekt. Førsteårs marginaludvaskningen er herefter sammenlignet med resultater fra forsøg, der henvises til i perspektivering (afsnit 2.5 i Børgesen et al., 2015)

DNs modelopsætning er foretaget for vårkorn efterfulgt af sort jord samt for vårkorn efterfulgt af vinterkorn i to situationer: en sandjord med megen nedbør og en lerjord med lavere nedbør. De fire kurveforløb er vist i figur 2 i dokumentationen af NLES4 (Kristensen et al., 2008). DN har hentet oplysninger for afgrøder, gødning, afstrømning, ler og humus m.v., til de fire beregnede kurver fra appendiks 1 i dokumentationen af NLES4 (Kristensen et al., 2008).

I Tilbagerulningsnotatet har AU beregnet marginalresponsen med NLES4 under normaliserede klimatiske forhold. Det betyder, at udvaskningen beregnes med aktuelt klima for hvert år i 20 år. Herefter er der beregnet et gennemsnit for de 20 beregnede årsværdier af udvaskning og marginaludvaskning. Det betyder, at i år med megen nedbør vil marginaludvaskningen være høj og omvendt i år med lav nedbør. NLES4 er en statistisk model, som for et gennemsnit af forholdsvis mange marker vil kunne beregne et realistisk udvaskningsniveau. Derimod kan modellen ikke forventes at gengive en eksakt målt udvaskning og marginalrespons i enkelte forsøg, hvor effekter af udbyttensniveau og forhistorie kan spille en stor rolle.

Udvaskningsberegningen for 2011 er gennemført for alle marker i landet. Det betyder, at datamaterialet indeholder variation i marginaludvaskning, som er knyttet til forskelle i nedbør og jordtyper. Desuden er landets variation i dyrkningsforhold som afgrødetyper og forbrug af husdyrgødning også indeholdt i datamaterialet. Det betyder, at der inden for landets 23 hovedvandoplande er beregnet et spænd i gennemsnitlig marginaludvaskning fra 12 til 22 % (Børgesen et al., 2017). På en mindre skala, der dækker de 91 kystvandoplande, varierer den gennemsnitlige marginaludvaskning fra 11 til 28 %, mens der på lavere skala og aktuelle klimatiske år eksisterer en større variation.

Betragtes en afgrødetype som majs, der typisk har en høj marginaludvaskning, varierer den NLES4-beregne marginaludvaskning mellem 3 og 38 % (Børgesen et al., 2015). De nævnte tal for marginaludvaskning er opgjort ved tildelt gødning, der ligger under den økonomiske optimale værdi og stigende med en gennemsnitlig procentvis tilførsel i forhold til afgrødens norm i 2011.

Boks 16)

Den ovenstående gennemgang summerer beskrivelserne af NLES4-beregningerne i Tilbagerulningsnotatet og Børgesen et al. (2013).

Den markant forenklede opsætning i Analysens har kun til formål at eftergøre de meget detaljerede simuleringer, som AU har foretaget. Analysens opsætning eftergør både 1) niveau, 2) hældning og 3) krumning af NLES4-udvaskningsresponsen på landsplan. Disse tre værdier er holdt op mod resultaterne fra AUs beregninger (Tilbagerulningsnotatet; Børgesen et al., 2013) med tilfredsstillende overensstemmelse.

DNs opdeling af marginaludvaskningen i en førsteårs- og langtidseffekt overføres til enkeltforsøg

DNs gennemgang af marginaludvaskningen forudsætter fejlagtigt, at NLES4's opdeling af marginaludvaskningen i en førsteårs effekt og langtidseffekt kan overføres på enkeltforsøg, herunder de forsøg der er angivet i Tilbagerulningsnotatets afsnit 2.5 (Børgesen et al., 2015).

Boks 17)

AUs sammenligning af etårige forsøgsresultater med en flerårig marginaludvaskning er statistisk set en grundlæggende fejl, der forårsager bias. Den eneste fagligt korrekte sammenligning, der kan foretages her, er mellem etårige forsøgsresultater og etårig udvaskningsrespons fra NLES4. Der er ikke andre responser i NLES4, man kan sammenligne de etårige marginaludvaskninger fra forsøgene med (se afsnit 2 i Appendiks).

På denne baggrund beregner DN for forsøget i Engström et al. (2010) en marginaludvaskning på 23,8 % som et gennemsnit af de to forsøg og sammenligner med en af DN antaget førsteårs marginaludvaskning på 8 %.

Boks 18)

Dette er en misvisende formulering. De 8 % er ikke "antaget", men bygger på en eksakt udregning i Analysen. Denne udregning er ikke anfægtet af AU.

I Tilbagerulningsnotatet er den målte marginaludvaskning refereret til at være 0 og 20 pct. for dyrket vinterraps i de to forsøgsår i Engström (2010). Forsøgets to tal for marginaludvaskning angiver et niveau, og vi mener at disse to tal fint kan perspektivere den gennemsnitlige beregnede marginaludvaskningen for hele landet, som den er vist i Tilbagerulningsnotatet.

Boks 19)

Her forsvarer AU en skævvridende måde at udregne marginaludvaskningen på. Dermed fastholder AU Tilbagerulningsnotatets 0 – 20 % i marginaludvaskning, selv om den mere detaljerede udregning i Analysen giver 23,8 %. Derudover forsvarer AU den fejlagtige antagelse, at det er korrekt at sammenligne den mangeårige marginaludvaskning på landsplan med en etårig marginaludvaskning fra forsøg. Disse to faktorer resulterer tilsammen i et fordrejet resultat – en biasering i Tilbagerulningsnotatet.

En korrekt udregning fra Engström et al. (2010) viser, at dette forsøges marginaludvaskning er ca. 3 gange højere end NLES4's etårige marginaludvaskning (se Appendiks, afsnit 3, for detaljeret udregning af dette eksempel).

DN har i forbindelse med artiklen Delin og Stenberg (2014) valgt at beregne marginaludvaskningen ud fra en formel, som bygger på tre års data for udvaskning ved dyrkning af havre. I Tilbagerulningsnotatet har vi gengivet teksten i artiklen, hvor der står, at under økonomiske optimum vil øget kvælstofgødning ikke give en signifikant merudvaskning. Vi burde have i Tilbagerulningsnotatet have præciseret, som der står i Delin og Stenberg (2014), at dette forhold var dækkende så længe hvert ekstra kg kvælstofgødning resulterede i en øget udbytte på 10 kg kerneudbytte pr. ha.

Boks 20)

Dermed står Analysens 14 % marginaludvaskning for forsøget i Delin og Stenberg (2014) uantastet. De i Tilbagerulningsnotatet anførte 4 % er beregnet ud fra forudsætninger, der ikke kan udmøntes i praksis (se Analysen, side 2).

DN konkluderer i forhold til Manevski et al. (2015), at "Mindst 2 af de 4 majsforsøg med efterafgrøder vil ligge betydeligt over 20 % i marginaludvaskning ved gødningsniveau under gældende kvælstofnormer". Perspektiveringen i Tilbagerulningsnotatet drejer sig om majs efter majs med og uden efterafgrøde. I forsøget af Manevski et al. (2015) indgår også majs dyrket efter kløvergræs, men da der nedmuldes store mængder organisk materiale med højt kvælstofindhold ved ompløjning af kløvergræs, kan den optimale kvælstoftildeling til den efterfølgende majs være nær nul. I Tilbagerulningsnotatet er majs efter kløvergræs derfor ikke medtaget i perspektiveringen, hvilket burde have været tydeliggjort i notatet.

Boks 21)

Påstanden er ikke korrekt. Det fremgår af Tilbagerulningsnotatet, at majs efter kløvergræs *er* medtaget i perspektiveringen. Ellers ville AU ikke kunne skrive følgende: "... der blev fundet store vekselvirkninger mellem forfrugt, efterafgrøder og udvaskning" (Tilbagerulningsnotatet, side 18). Der kan kun være vekselvirkninger ift. forfrugt, hvis der er forskellige forfrugter, i dette tilfælde både majs og kløvergræs.

Det anføres ikke i Tilbagerulningsnotatet, at majs efter kløvergræs er udeladt fra perspektiveringen. Den ovenstående formulering "... burde have været tydeliggjort..." er således misvisende. Man kan ikke tydeliggøre et udsagn, der ikke er indeholdt i Tilbagerulningsnotatets tekst. Med andre ord: et udsagn der ikke findes, kan ikke tydeliggøres.

Tilbagerulningsnotatet kan på linje med andre akademiske frembringelser kun vurderes på, hvad der står i notatet, og ikke på, hvad der efterfølgende hævdes, at der burde have stået. Som det påpeges i Analysen, er følgende påstand i Tilbagerulningsnotatet (side 18) dermed ukorrekt: "Marginaludvaskningen var mindre end 20 % ved gødningsniveau under gældende kvælstofnormer".

Referencen Wachendorf et al. (2004) indeholder en sammenfatning af ti studier udført i Tyskland, Storbritannien og New Zealand i græsmarker med forskellig benyttelse og sammensætning. I DNs analyser ses bort fra denne reference med begrundelsen at "en sammenligning ville kræve supplerende analyser". Vi finder det uforståeligt, at dette meget omfattende studie ikke er inddraget.

Boks 22)

Analysen påpeger, at AUs sammenligning med Wachendorf et al. (2004) ikke er foretaget korrekt, og understreger for så vidt kun, at en sammenligning vil kræve supplerende analyser.

Det kan konstateres, at AU tilsidesætter basale statistiske regler (se Appendiks, afsnit 2).

Som *illustrativt* eksempel svarer en sammenligning mellem NLES4-modellens marginaludvaskning og resultaterne fra Wachendorf et al. (2004) til, at man har konstrueret en model til forudsigelse af unges højde som 16-årige. Herefter bekræfter man modellen ved at tage den gennemsnitlige højde af en gruppe 11 – 16-årige, hvor man ydermere ikke kender den præcise aldersfordeling i gruppen. Denne fremgangsmåde ville være statistisk fejlagtig, da man både har ukendt datasammensætning og bias. Samme type statistisk fejl bliver begået i Tilbagerulningsnotatet i forhold til anvendelsen af Wachendorf et al. (2004). Forsøgsvarigheden for en del af de anvendte forsøg er ukendt, og der indgår forsøg med varighed under 6 år (se afsnit 2 i Appendiks).

AU kommenterer ikke Analysens påpegnings af den fejl, der er begået i Tilbagerulningsnotatet (side 18). Her udregnes en differentiering af en eksponentialligning fra Wachendorf et al. (2004, side 59) forkert.

Løsningen ser således ud: $f(x) = 47,567 + 71,894e^{0,0017x} \Rightarrow f'(x) = 0,0017 * 71,894e^{0,0017x}$.
Dermed beregnes marginaludvaskningen for 100 kg N/ha til $0,0017 * 71,894e^{0,0017*100} = 0.145 = 14.5\%$ og ikke til de 10 %, som AU angiver. Netop i en sammenhæng, hvor en række af AUs andre udregninger og sammenligninger er fejlbehæftede, er denne fejlagtige udregning relevant.

DN forudsætter, at ikke-repræsentative artikler skal legitimere NLES4

Ifølge DN-notatets baggrund skulle en væsentlig del af den forskningsmæssige legitimitet for NLES4-beregningerne være de fem internationale artikler, der redegøres for i Tilbagerulningsnotatets afsnit 2.5. DN anfører på den baggrund, at "Denne vurdering udgør en væsentlig del af den forskningsmæssige legitimitet for NLES4-beregningerne" hvorfor der gennemføres en analyse af disse. I forbindelse med den gennemførte analyse anfører DN, at "Forskellene mellem forsøgenes marginaludvaskning og NLES4-værdier er bemærkelsesværdigt høje. Dette rejser et spørgsmål om, hvorvidt NLES4-marginaludvaskningens niveau er korrekt". Yderligere i konklusionen anføres "På basis af de data, som Aarhus Universitet har valgt til at understøtte de landsdækkende NLES4-beregningers overensstemmelse med forsøgsresultater, må det konkluderes, at NLES4 ikke er et relevant værktøj til virkelighedsnære beregninger af marginaludvaskningens forløb i forhold til tilbagerulning af gødskningsnormer, jvf. Tilbagerulningsnotat."

Intentionen med de fem artikler, der meget overordnet beskrives i Afsnit 2.5 i Tilbagerulningsnotatet, var primært at gengive de forsøgsbaserede tal for marginaludvaskningen, hvor tildelt gødning ligger under økonomisk optimum og perspektivere disse data til den beregnede gennemsnitlige marginaludvaskning ved tilbagerulningen af normreduktionen for hele landet. De fem artikler blev altså ikke inddraget i

Tilbagerulningsnotatet med henblik på at legitimere NLES4, hvilket også fremgår af, at afsnit 2.5 har overskriften "Perspektivering af størrelse på marginaludvaskningen".

Boks 23)

AUs vurdering af de 5 artikler er blevet anvendt til at legitimere valget af NLES4 frem for NLES3 (se boks 5 samt afsnit 5 i Appendiks).

Hensigten var således alene at relatere nogle af de meget få relevante artikler, der findes om marginaludvaskning, til NLES4-beregningerne.

Den direkte kobling mellem de i Tilbagerulningsnotatets afsnit 2.5 om perspektivering nævnte studier og den i NLES4 estimerede marginaludvaskning er derfor på ingen måde berettiget og DNs konklusion dermed ikke valid.

Boks 24)

Analysen konkluderer bl.a. følgende: "På basis af de data, som Aarhus Universitet har valgt til at understøtte de landsdækkende NLES4-beregningers overensstemmelse med forsøgsresultater, må det konkluderes, at NLES4 ikke er et relevant værktøj til virkelighedsnære beregninger af marginaludvaskningens forløb i forhold til tilbagerulning af gødskningsnormer, jvf. Tilbagerulningsnotatet" (side 13 i Analysen).

Når Analysen adresserer "marginaludvaskningens forløb" i forhold til ændringer i gødningsmængden, refereres der til kurvens facon (f.eks. Analysens figurer 1B – 7B). NLES4-kurvefaconen for marginaludvaskningen i forhold til mertilførsel af mineralisk gødning kan ikke afspejle målingerne fra artiklerne. Tværtimod er det åbenlyst, at den praktisk taget rette linje for NLES4-marginaludvaskningen ikke kan være korrekt. Dette bekræftes også af andre artikler (f.eks. Simmelsgaard, 1998; Lord og Mitchell, 1998; Goulding et al., 2000). Ved den relativt store forøgelse af kvælstofmængden, som Landbrugspakken tillader, har det afgørende betydning, at det modellerede kurveforløb for marginaludvaskningen er realistisk. Dermed er den ovenstående konklusion fra Analysen valid.

I DNs analyse af marginaludvaskning indgår desuden alene tre af de fem refererede artikler fra Tilbagerulningsnotatet. I disse tre artikler indgår ganske få afgrødetyper henholdsvis vinterraps, havre og otte majsforsøg, de sidstnævnte med hver to forsøg, majs efter majs, majs med efterafgrøder, majs efter kløvergræs og majs med efterafgrøder med forfrugt af kløvergræs.

Afgrødesammensætningen i de af DN analyserede artikler ville svare til, at det dyrkede areal i Danmark var dækket med 10 % vinterraps, 10 % havre og 80 % majs. I 2011 dækkede følgende afgrøder i procent: vårkorn 21, vinterkorn 35, raps 5, ærter 1, rodfrugter 3, frøgræs 3, majs 7, græs i omdrift 13, varig græs 8, brak 1, miljøaftaler og andre afgrøder 3. DNs analyse er derfor langt fra repræsentativ for, hvordan afgrøder fordeler sig på det dyrkede areal. I DNs analyser er der kun efterafgrøder efter majs, men ingen andre afgrøder som efterfølges af efterafgrøder. Det betyder, at alle afgrøder med lav marginaludvaskning som f.eks. græs, frøgræs og brak ikke indgår i DNs analyse.

I Tilbagerulningsnotatet anføres om variationen i den estimerede NLES4-marginaludvaskning, at "Opdelt på afgrøder for hele landet fås en variationsbredde i marginaludvaskningen på mellem 1 % (vedvarende græs og frøgræs) op til 38 % for majs". På den baggrund er det videnskabeligt uholdbart at sammenligne marginaludvaskning bestemt i tre ikke-repræsentative forsøg med den gennemsnitlige marginaludvaskning for hele landet.

Boks 25)

De 5 artikler har AU udvalgt. Artiklernes afgrødesammensætning svarer til, at der er 57 % majs, 21 % overvejende økologiske sædskifter, samt markant underrepræsentation af konventionelt dyrket korn. Den ikke-repræsentative sammensætning er derfor et kritikpunkt, der peger tilbage på AU.

AU sammenholder marginaludvaskningen fra forsøgene i de 5 artikler med NLES4-landsgennemsnittet, uagtet at det samlede datagrundlag i artiklerne er forholdsvis beskedent og langt fra repræsentativt på landsplan. Kritikken peger således igen tilbage på AU.

Som behandlet i boks 13, bliver data fra artiklerne hverken anvendt til beregninger på landsplan eller til andre former for opskaleringer i Analysen. Et væsentligt formål med at undersøge de 5 artiklers resultater, var at klarlægge, om AUs vurderinger vedrørende marginaludvaskningen og AUs vurderinger vedrørende sammenligningen mellem NLES3 og NLES4 er korrekte. Disse vurderinger viste sig at være baserede på forkert udførte sammenligninger og beregninger. Ved anvendelsen af korrekt udførte sammenligninger viste det sig yderligere, at vurderingerne ikke var understøttede af data (se Appendiks, afsnit 4).

Tre ud af de fem artikler kunne i Analysen anvendes til en faglig korrekt sammenligning med den etårige marginaludvaskning. Denne etårige marginaludvaskning var i gennemsnit over fire gange så høj som den etårige marginaludvaskning på landsplan. Selv hvis man, *fagligt set ukorrekt*, sammenlignede med den angivne 1/5 for den *flerårige* marginaludvaskning, ville det *etårige* gennemsnit for forsøgene være næsten dobbelt så højt som denne værdi.

Analysen konkluderer ikke, at den store uoverensstemmelse mellem forsøgenes etårige marginaludvaskning og NLES4's etårige marginaludvaskning medfører, at NLES4's flerårige marginaludvaskning på landsplan er for lav. Dertil er datagrundlaget for spinkelt.

DN undsiger sammenligning på tværs af dyrkningssystemer

DN anfører korrekt, at den NLES4-beregnete værdi på 18 % for marginaludvaskningen gælder for en flerårig periode. Det er derfor af største interesse at skaffe eksperimentel evidens for denne effekt. Det eneste danske forsøg, der kan anvendes i denne sammenhæng, er forsøg med økologiske og konventionelle planteavlssystemer, der blev igangsat ved tre lokaliteter (Pandey et al., submitted). Her blev sammenhængen mellem udvaskning og kvælstoftilførsel undersøgt på sædskifteniveau, dvs. ikke for enkelte afgrøder, hvilket giver den bedste sammenligning med den opskalerede værdi for marginaludvaskning, der netop ikke gælder for enkelte afgrøder, men for hele dyrkningssystemet.

DN anfører, at der vil være forskelle i dyrkningssystemerne i Pandey et al. (submitted) i forhold til opbygning af kvælstof i den organiske pulje, og at dette derfor gør disse systemer uanvendelige til evaluering af marginalrespons. Det er korrekt, at der mellem forskellige dyrkningssystemer vil være forskelle i opbygning af organisk stof, men dette gælder også for dyrkningssystemer i praksis, hvor der i systemer med brug af efterafgrøder og græsmarker kan være betydelige effekter på kulstofopbygning.

Boks 26)

Dette er korrekt og i overensstemmelse med Analysen. Derfor kan en direkte beregning af en marginaludvaskning via en todimensionel regression kun foretages indenfor præcis samme sædskifte (inklusive efterafgrøder) og præcis samme dyrkningspraksis, hvor man udelukkende varierer gødningsmængden. Dermed er Pandey et al (submitted) ikke anvendelig i denne sammenhæng. Se boks 27 – 29 nedenfor for uddybning.

DN vurderer, at analysen i Pandey et al. (submitted) ikke er relevant.

Vurderingen er imidlertid misvisende, da den alene viser forskelle mellem afgrøder, og Pandey et al. (submitted) gennemførte analyserne på sædskifter, som i hovedsagen havde den samme afgrødesammensætning. Den væsentligste forskel var, at der i nogle af de økologiske sædskifter indgik kløvergræs som grøngødning.

Boks 27)

Der er tale om forskellige dyrkningssystemer, med meget forskellige randbetingelser. Det konventionelle dyrkningssystem er sprøjtet, der anvendes handelsgødning, og efterafgrøderne er ikke kvælstoffikserende. De to økologiske dyrkningssystemer er usprøjtede, kvælstoffet kommer primært fra fiksering og husdyrgødning, og efterafgrøderne er kvælstoffikserende. Der anvendes mekanisk ukrudtsbekæmpelse efter behov, hvilket kan medføre et mindre samlet dække af efterafgrøder for de økologiske dyrkningssystemer end for det konventionelle dyrkningssystem.

Det må i øvrigt konstateres, at AU anvender formuleringen "i hovedsagen". Hvorvidt AU dermed også mener, at de talmæssige resultater for de påståede marginaludvaskninger "i hovedsagen" er korrekte, vides ikke. Det vides således heller ikke, hvor langt resultaterne ligger fra en korrekt beregning.

Selv hvis AU havde anvendt en egnet metode til at udregne marginaludvaskningen, ville der stadig være tale om en sammenligning ud fra 75 % økologiske forsøg.

Det ville være misvisende at sammenligne en marginaludvaskning fra overvejende økologiske forsøg med en beregnet marginaludvaskning baseret på en øget tilførsel af kvælstof fra handelsgødning.

Ser man på dyrkningssystemerne med størst kontrast, er det:

- "C4", konventionel dyrkning med sædskiftet vårbyg, hestebønner, kartofler og vinterhvede
- "O2", økologisk dyrkning med sædskiftet vårbyg, uhøstet kløvergræs, kartofler og vinterhvede.

"C4" er gødet med mineralsk gødning, og har en gennemsnitlig årligt høstet kvælstofmængde på 112 kg N/ha (Olesen, 2014). "O2" er gødet med husdyrgødning og afslået kløvergræs. Den gennemsnitlige årligt høstede kvælstofmængde er 49 kg N/ha (Olesen, 2014), altså 44 % af den høstede kvælstofmængde i "C4".

Der er tale om vidt forskellige systemer, både hvad angår den tilførte og høstede kvælstofmængde og sammensætningen af det tilførte kvælstof. Herudover høstes det ene økologiske system "O2" kun i 3 ud af 4 år. Dyrkningssystemerne har således meget forskellige karakteristika og kan derfor ikke sammenholdes via en simpel regression, der så skulle være udtryk for en form for abstrakt fælles marginaludvaskning (se Analysens appendiks, afsnit 6).

Denne puljeopbygning i kløvergræsset var knyttet til kvælstoffikseringen, som netop blev udeladt ved beregning af marginaludvaskningen i Pandey et al. (submitted).

Boks 28)

AU hævder her, at fikseringens kvælstofbidrag ikke er medregnet i Pandey et al. (submitted). Hvis dette er korrekt, repræsenterer det formentlig en fejl. I beregningerne fra Olesen (2014), der omfatter samme forsøg som i Pandey et al. (submitted), indgår kvælstoffikseringens bidrag. I en artikel om den samme forsøgsrække (De Notaris et al., 2017) indgår kvælstoffikseringen ligeledes.

Det er ikke korrekt, at jordpuljeopbygningen af kvælstof er knyttet til kvælstoffikseringen som sådan. En ren græsafgrøde med modsvarende N-gødsning og tilsvarende afklip ville også give en jordpuljeopbygning af kvælstof, formentlig i samme størrelsesorden.

Det må derfor fastholdes at disse resultater formentlig udgør det mest relevante grundlag for vurdering af validiteten af den flerårige marginalresponsen på dyrkningssystemniveau.

Boks 29)

Der er tre af hinanden uafhængige årsager til, at resultaterne fra Pandey et al. (submitted) ikke kan anvendes til at bekræfte validiteten af NLES4-marginaludvaskningen. Hver enkelt af de tre årsager er tilstrækkelig til at kunne afvise, at forsøgsresultaterne kan anvendes til at bekræfte validiteten. De tre årsager er:

- Man kan ikke anvende en overvejende økologisk forsøgssammensætning til at validere marginaludvaskningen for kvælstof i handelsgødning nær økonomisk optimum.
- Man bør kun vurdere validiteten ud fra uafhængige data, og disse forsøg er ikke uafhængige. Seks ud af otte delforsøg, der ligger bag Pandey et al. (submitted), blev igangsat i 1997. Data herfra er anvendt til at opbygge NLES4. De to konventionelle delforsøg starter i 2005, men på samme parceller, som er anvendt til tidligere forsøg, hvis data indgår i opbygningen af NLES4.
- Jævnfør boks 27 udgør resultaterne fra Pandey et al. (submitted) ikke valide værdier, da de anvendte beregningsmetoder ikke giver et retvisende udtryk for marginaludvaskningen.

For at eftergøre og vurdere beregningerne i Analysen, har det været nødvendigt at foretage en omfattende "Reverse Engineering" ud fra Olesen (2013), Olesen (2014), Pandey et al. (2017) og Shah et al. (2017). De viste sig herefter, at beregningsmetoderne bag Pandey et al. (submitted) ikke kunne anvendes til at bekræfte validiteten af NLES4-marginaludvaskningen.

Det er yderst problematisk, at man sammenligner med data fra Pandey et al. (submitted) uden overhovedet at anføre, at samme forsøgsrække er anvendt til kalibrering af NLES4. Når man sammenligner med forsøgsresultater, der ikke er uafhængige af modeludviklingen, bør dette anføres. Sådanne sammenligninger skal tolkes med de nødvendige forbehold.

Det skal også understreges, at det er meget problematisk, at resultaterne fra Pandey et al. (submitted) er upublicerede og utilgængelige. Artiklen blev første gang indsendt til vurdering ved et videnskabeligt tidsskrift i 2015, men er fortsat ikke publiceret.

Data og beregninger, der hævdes at understøtte den omfattende ændring i miljøreguleringen, som Landbrugspakken danner grundlag for, bør være tilgængelige for offentligheden, i præcis den form, som de havde på udførselstidspunktet for beregningerne.

Løbende udvikling af empiriske udvaskningsmodeller

Marginaludvaskningen er ikke en statisk specifik værdi men ændrer sig i takt med ændringer i dyrkningsforhold. Følgende elementer har betydning for, hvor stor marginaludvaskningen er: Afgrødefordeling, udvikling i sorter og deres evne til at optage kvælstof, gødningsanvendelse, om der anvendes mere gødning end afgrøderne har behov for, tidspunkt for udbringning af husdyrgødning, tidspunkt for jordbehandling og om der er afgrødedække om efteråret f.eks. efterafgrøder og spildkorn. Afgrøder som græs, frøgræs, og brak har en lav marginaludvaskning, mens korn efterfulgt af sort jord og korn efter fodergræs har en høj marginaludvaskning.

I perioden 1998-2008 har den anvendte marginaludvaskning til evaluering af virkemidler varieret mellem 25 og 33 % (Tabel 1 fra Bilag 2 i Tilbagerulningsnotatet).

Tabel 1. Anvendt marginaludvaskning i faglig vurdering og evaluering af VMPII samt i midtvejsevaluering af VMPIII.

Område	Anvendt marginaludvaskning (%)	Beregningsmetode	Data grundlag	Reference
1: Vandmiljøplan II – faglig vurdering	26 (25-27)	Udvaskningsmodel, (Simmelsgaard, 1991)	LOOP data og hele landet 1996	Iversen et al. (1998)
2: VMPII - midtvejs-evaluering	25	NLES1	LOOP data 1998/99	Grant et al. (2000)
3: Genberegning af VMPI og II*	29 (27-34)	NLES2	LOOP data 1998/99	Grant (2002)
4: Slutevaluering af VMPII	33	NLES3 samt Petersen og Djurhuus (2003)	LOOP data 1998/99	Grant et al., (2003) Blicher-Mathiesen et al. (2003)
5: Mitvejsevaluering af VMPIII	33		LOOP data 1998/99	Waagepetersen et al. (2008)

*Højere marginaludvaskning pga. af et højere udvaskningsniveau og mere vinternebbør

I Figur 1 fra Tilbagerulningsnotatet vises marginaludvaskningen for dyrkningsdata indsamlet i Landovervågningen. Datagrundlag og metode for beregningerne er beskrevet i Tilbagerulningsnotatet. Marginaludvaskningen beregnet med NLES3 falder fra 44 % i 1991 til 30 % i 2006 og beregnet med NLES4 falder marginaludvaskningen fra 22 % i 1991 til 17 % i 2006 og har stort set ikke ændret sig siden. Den viste udvikling med nogenlunde samme marginaludvaskning for perioden 2003-2014 for Landovervågningen vil ikke umiddelbart kunne overføres til også at gælde for hele landet, idet gødningsforbruget er steget lidt mere i denne perioden i Landovervågningsoplandene end for hele landet.

Det betyder, at marginaludvaskningen beregnet med NLES3 for Landovervågningsoplandene i 2006 eventuelt kan være lavere for hele landet, hvis marginaludvaskningen opgøres med NLES3 med de samme landsdækkende data for 2011, som er anvendt for NLES4 i Tilbagerulningsnotatet.

Forskellen i de to modellers beregnede marginaludvaskning er, som det også er beskrevet i Tilbagerulningsnotatet, antageligt et produkt af forskelligheder i de to modellers struktur.

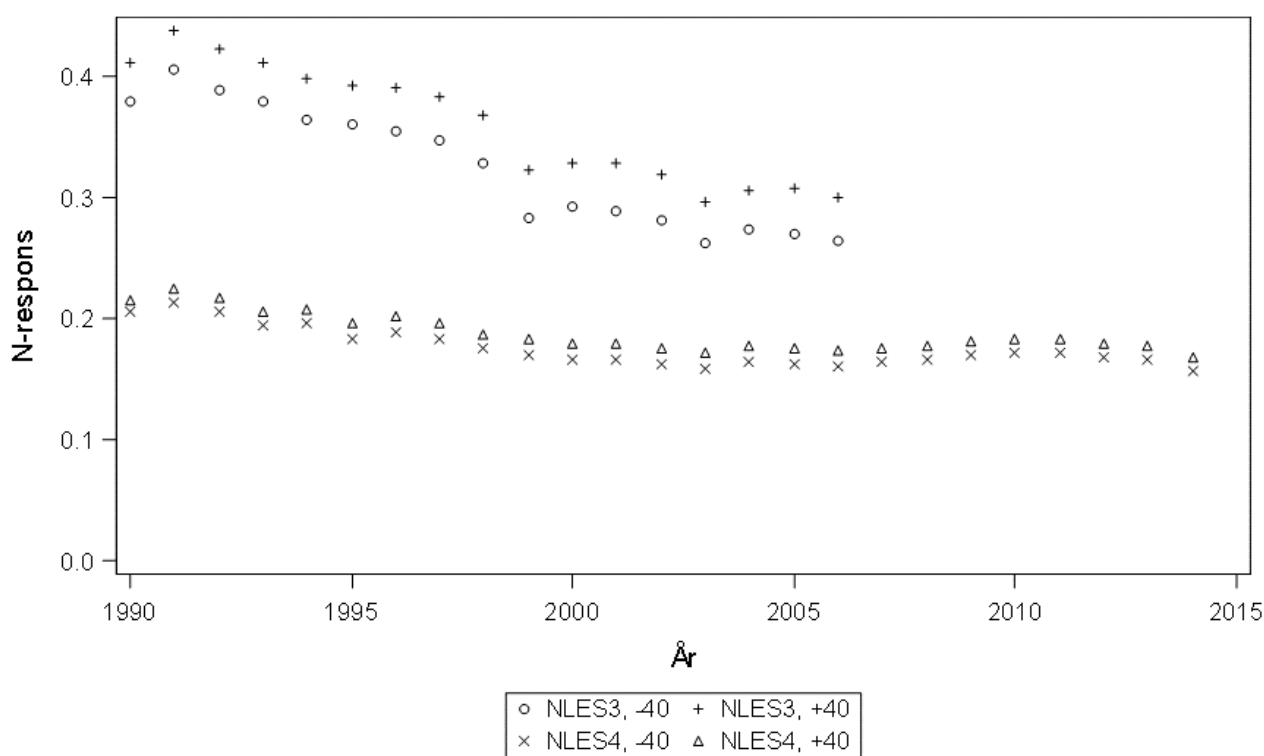
Boks 30)

Det er tænkeligt, men ikke analytisk udredt, at forskellen mellem NLES3 og NLES4-modellernes beregnede marginaludvaskning hovedsageligt er et resultat af forskelle i struktur fremfor i datagrundlag. Skulle dette vise sig at være tilfældet, har AU et forklaringsproblem. Når NLES3 ifølge AU beregner en marginaludvaskning i 2006 på 30 %, og NLES4, for de samme data, beregner en marginaludvaskning i 2006, der er 43 % lavere, nemlig 17 %, må mindst en af de to modeller have en struktur, der er uegnet til at udregne en realistisk marginaludvaskning. Forskellen er så stor, at begge modellers resultater ikke kan rummes indenfor et acceptabelt usikkerhedsinterval.

Hvilken af de to NLES-versioner afspejler så virkelighedens marginaludvaskning bedst? Dette ubesvarede spørgsmål er sagens kerne. En forskningsbaseret afklaring af dette burde have været en grundbetingelse i forhold til at skabe et holdbart fundament for Landbrugspakken.

Dette kommer bl.a. til udtryk i forhold til, hvordan forfrugt, sommer- og vinterafgrøder defineres, samt at høstet kvælstof ikke indgår som en forklaringsvariabel i NLES4. Yderligere er afstrømningen i NLES4 sæsonopdelt, hvorimod der i NLES3 benyttes den årlige afstrømning. De to modeller er desuden baseret på forskellige afstrømningsberegninger, idet afstrømningen primært blev beregnet med EVACROP i inputdata til NLES3, mens de seneste afstrømningsberegninger for alle målinger, som ligger til grund for NLES4 er beregnet med Daisy-modellen.

I beregningen af tilbagerulning af normreduktionen blev dyrkningsdata for 2011 anvendt. Der er siden 2011 sket ændringer i dyrkningsforhold, som vil kunne give en lavere marginaludvaskning end den, der er beregnet i Tilbagerulningsnotatet. Det gælder f.eks. i) Udvikling i afgrødernes kvælstofoptagelse især for vinterhvede, vinterraps, vinterrug, majs og græs. Når afgrøder er bedre til at optage kvælstof, er der mindre tilbage til udvaskning. ii) I de seneste år udnyttes en større andel af fodergræs som slætgræs frem for afgræsningsgræs. Når gødning opsamles på stald, giver det lavere udvaskning, og husdyrgødningen kan tildeles med større udnyttelse. iii) Flere efterafgrøder giver lavere marginaludvaskning. Der var 240.000 ha lovpligtige efterafgrøder i 2011 som er øget til ca. 388.000 ha i 2016 og de sidste to år, 2015 og 2016 er der kommet mere brak, ca. 23.000 ha.



Figur 1. N-respons (marginaludvaskning) beregnet med NLES3 og NLES4 for det dyrkede areal i Land-overvågningsoplandene for perioden 1990-2006 (NLES3) og 1990-2014 (NLES4). Signaturforklaringen angiver den anvendte model samt størrelsen af den justerede mængde tildelte gødning (fra Børgesen et al., 2015).

Der er dog også mulige ændringer i dyrkningsforhold eller elementer, der kan give en højere marginaludvaskningen end beregnet i Tilbagerulningsnotatet. i) I Tilbagerulningsnotatet blev det forudsat, at al gødning blev tildelt økonomisk optimal, altså at gødning ikke blev givet over økonomisk optimum. Men fordeling af gødningen inden for bedriftens marker vil potentielt kunne give ujævn gødskning og derfor give en højere marginaludvaskning. ii) Kurven for marginaludvaskning ift. stigende gødningstildeling er forholdsvis flad i NLES4, og der er derfor et behov for at få afdækket, om modellen responderer korrekt, hvis gødningen overstiger afgrødernes behov.

Boks 31)

AU berører her en af de centrale problemstillinger, nemlig kurveforløbet for NLES4-udvaskningen i forhold til stigende kvælstofmængder. Som Analysen demonstrerer, har NLES4 et urealistisk kurveforløb for mertilførsel af kvælstof. *Denne markante og væsentlige pointe i Analysen imødegås ikke af AU.*

Det økonomiske optimum varierer markant over tid og rum. Hvis det gennemsnitlige økonomiske optimum er korrekt udregnet, vil der være tale om gødskning over optimum i 50 % af tilfældene. Blandt andet derfor er det essentielt at kortlægge kurveforløbet for udvaskning og marginaludvaskning, selv om man kun gøder op til gennemsnitligt økonomisk optimum.

Usikkerhed og validering

Der blev ikke gennemført en grundlæggende usikkerhedstest af NLES4 efter dens udvikling, som det var tilfældet med den tidligere NLES3 model (Larsen og Kristensen, 2007). DN har derfor ret i, at det ville have været fagligt korrekt at gennemføre en sådan usikkerhedsanalyse, som det også blev påpeget i Tilbagerulningsnotatet og et senere notat omkring anvendelse af NLES4 beregninger til marginaludvaskning fra hovedoplande og kystvandoplande (Børgesen m.fl., 2017). En sådan usikkerhedsanalyse ville sammen med modellens forklaringsgrad give mulighed for med større faglig styrke at udtale sig om den generelle usikkerhed, der er forbundet med de simuleringer, der foretages med modellen.

Boks 32)

Ovenstående må forstås således, at AU finder, at der kan tales med "faglig styrke" i forhold til modellens grad af usikkerhed. Uden usikkerhedstest og validering er usikkerheden dog ukendt. Derfor kan der heller ikke tales med større eller mindre "faglig styrke" om modellens usikkerhed.

Den manglende usikkerhedsanalyse og validering af NLES4 er problematisk i forhold til de potentielt store konsekvenser, en fejlregning i forhold til Landbrugspakken kan have. Alvorligheden heraf er ikke kommunikeret i Tilbagerulningsnotatet (se boks 8).

En analyse af usikkerhed og validering af NLES3 er beskrevet i Larsen and Kristensen (2007). Her blev valideringen foretaget ved at estimere modellens parametre på en delmængde af observationer. Det blev fundet, at udvaskningsfunktionen var forholdsvis stabil, og at usikkerheden på en enkelt prædiction mellem estimeret og målt værdi lå mellem 20 og 40 %, men faldt til mellem 10 og 30 % hvis beregningen blev foretaget på flere år eller mange marker. NLES3 er imidlertid ikke blevet analyseret mht. usikkerhed på oplands- og nationalt niveau.

DN fremfører, at modeller bør udsættes for en krydsvalidering ved at modellens evne til at simulere sammenlignes med data, som ikke blev anvendt i modelopsætningen.

En sådan validering vil give en større viden om sikkerheden på modellens simuleringer. En sådan kryds-evaluering mod nye nitratudvaskningsdata fra LOOP marker er kun delvist blevet gennemført i forbindelse med fastlæggelse af marginaludvaskningen ved anvendelse af nyere udvaskningsdata fra LOOP marker (Børgesen m.fl., 2015).

Boks 33)

Dette er en misforståelse af basale begreber indenfor statistisk modellering. Den ovenfor beskrevne procedure er ikke en "krydsvalidering"/"krydsevaluering", men derimod en "validering mod datasæt, der ikke indgår i kalibreringen". Forskellen mellem krydsvalidering og validering mod datasæt, der ikke indgår i kalibreringen, er væsentlig, og derfor basal ift. udvikling af regnemodeller som eksempelvis NLES4-modellen.

Empiriske modeller som NLES4 kan kun levere et bedste fagligt skøn over f.eks. en marginaludvaskning ud fra erfaringerne fra de målinger, der indgår i modellen.

En fuldstændig dokumentation af marginaludvaskningen kan alene gennemføres ved egentlige kontrollerede forsøg, der er designet til at teste udvaskningsrespons ved øget gødsning på forskellige afgrøder, jordtyper og klimaforhold. Sådanne forsøg tager tid at opsætte og gennemføre, og de første blev startet i 2014 ved AU.

I DN's notat anføres korrekt, at det er et centralt spørgsmål i forbindelse med Landbrugspakken og marginaludvaskningen om ændringen fra ca. 30 % til ca. 20 % er baseret på observationerne, der indgår i NLES3 henholdsvis NLES4. En analyse af model parametrene's følsomhed og en evt. test af den nye struktur i NLES4 på NLES3-datasættet er i princippet en metode, som kan medvirke til at give større sikkerhed for de gennemførte marginaludvasknings beregninger.

Boks 34)

Formuleringen er misvisende. Metoden kan tænkes at give den sikkerhed, der nu er fraværende, men den kan lige så vel tænkes at afdække væsentlige problemer ved NLES3 såvel som ved NLES4. Disse mulige problemer kan ydermere have et omfang, der viser, at en eller begge modeller er uegnede til udregning af marginaludvaskning. Om dette er tilfældet, vides ikke, hvilket igen illustrerer beregningernes grundlæggende usikkerhed.

DN har også ret i, at både NLES3 og NLES4 har en forklaringsgrad på nitratudvaskningen på 53 % ($r^2=0,53$) (Larsen og Kristensen, 2007; Kristensen et al., 2008). Det vil sige, at 47 % af variationen er ikke-forklaret. Som beskrevet i notatet fra DN, er der en høj andel af variationen i observationerne af nitratudvaskning, som NLES modellerne ikke kan forklare. Dette er dog slet ikke unormalt for empiriske modeller hvor der ofte er tale om observationer der er forbundet med relativ stor usikkerhed (støj).

Det er ligeledes korrekt, at forklaringsgraden på de 53 % gælder for nitratudvaskningen, og dermed for produktet af perkolationen af vand og koncentration af nitrat i bunden af rodzonen. Således indgår perkolationen både i den beregnede og den målte nitratudvaskning og trækker derfor forklaringsgraden op.

Alligevel anvendes denne metode ofte, når modellers simuleringsevne testes. Modellens virkelige evne til at simulere nitratdynamikken i jorden fremkommer kun ved at betragte de simulerede og observerede koncentrationer af nitrat. En sådan sammenligning blev delvist foretaget på LOOP data i notatet fra 2015 (Børgesen et al., 2015). Forklaringsgraden for NLES4 modellen på nitratkoncentrationer målt i LOOP markere var for perioden 1991-2004 på ca. 23 %.

Boks 35)

Ovenstående 23 % er en meget lav forklaringsgrad. Som primært grundlag for omfattende beslutninger er det problematisk at anvende en model, der efterlader 77 % af variationen uforklaret. De 23 % illustrerer hvor usikre NLES4-beregningerne er.

Konklusion

Samlet set giver DNs kritik ikke anledning til at ændre AUs konklusioner om marginaludvaskningen i Tilbagerulningsnotatet fra november 2015.

Boks 36)

Samtlige punkter i AUs forsvar er tilbagevist i herværende responsum.

AUs forsvar bygger på:

- misforståelser af Analysens præmisser
- fejlagtige opfattelser og fortolkninger af udregningerne og af datagrundlaget
- ikke-underbyggede påstande
- antagelser, der er i strid med statistiske grundprincipper

Analysen indeholder 4 centrale pointer:

1. AU foretager en ukorrekt sammenligning mellem modelresultater og forsøgsresultater. Analysens korrekte udførte beregninger og sammenligninger understøtter ikke NLES4-marginaludvaskningen.
2. I lyset af den omfattende ændring af praksis, som implementeringen af Landbrugspakken indebærer, er det alvorligt, at der ikke er foretaget en usikkerhedsberegning af NLES4.
3. Analysen demonstrerer, at NLES4-marginaludvaskningen i forhold til stigende kvælstofmængder udgør en næsten ret linje. Dette er urealistisk.
4. AU har ikke foretaget en analyse af årsagerne til den betydelige forskel i marginaludvaskning af kvælstof beregnet med henholdsvis NLES3 og NLES4. Valget af NLES4 som regnemodel for Landbrugspakken er derfor ikke forskningsmæssigt underbygget.

AUs forsvar er ufuldstændigt, da det ikke forholder sig til helt centrale elementer i Analysen: Pointe 1 imødegår særdeles detaljeret, men med talrige fejlslutninger. Pointe 2 imødegår relativt vagt ved at hævde, at der er taget "de nødvendige forbehold". Pointe 3 og 4 imødegår ikke.

Aarhus Universitets forsvar giver derfor ikke anledning til ændring af indhold eller konklusioner i Analysen.

Appendiks

1. Problematikker i Aarhus Universitets forsvar

Det grundlæggende statistiske begreb *bias* ignoreres i AUs forsvar (boks 2, 17, 19, 22). Det er eksempelvis en kendsgerning, at sammenligningen i afsnit 2.5 i Tilbagerulningsnotatet (Børgesen et al., 2015) mellem etårige forsøgsresultater og flerårige modelresultater er fejlagtig, og forårsager bias (afsnit 2 i Appendiks).

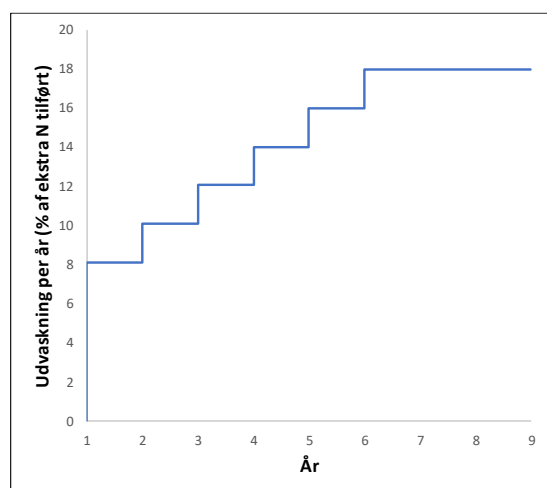
AUs forsvar indeholder *fejlagtige opfattelser* af udregningerne og datagrundlaget. Dette gælder både for Analysen og for Tilbagerulningsnotatet (se boks 2, 3, 12, 13, 14, 21, 28).

Forsvaret indeholder ligeledes *postulater* i forhold til flere af AUs centrale argumenter. Der er her tale om ikke-understøttede hypoteser (boks 4, 13, 15), forkerte fortolkninger (boks 6, 17, 24, 25) samt antagelser, der er i strid med grundprincipperne for statistisk modellering (boks 1, 19, 33). Disse forkerte eller ubegrundede påstande fremføres overvejende som kendsgerninger.

AUs forsvar indeholder herudover *misvisende formuleringer* (boks 7, 10, 11, 18, 21, 32, 34).

2. Bias ved sammenligning af forskellige forsøgsvarigheder

Den NLES4-beregne værdi på 18 % (se Analysen) for marginaludvaskningen gælder for en flerårig periode. Årsagen til dette er, at et enkelt års ekstra tilførsel af kvælstof har en virkning, der rækker flere år frem i tiden. Dermed er der en kumulativ effekt af ekstra tilført kvælstof. Ifølge NLES4 vil 45 % af den samlede merudvaskning fra en stigning i kvælstoftilførslen forekomme i det første år. De resterende 55 % vil, ifølge NLES4, blive udvasket de følgende 5 år (afsnit 4 i Analysens Appendiks). Den kumulative effekt på landsplan, som NLES4 udregner den, vil se således ud (figur A1).



Figur A1. Den NLES4-udregnede %-del af udvasket N i forhold til den ekstra tilførte mængde ved en permanent stigning i kvælstoftilførslen (figur A1 fra Analysen, side 17).

Da 45 % af den NLES4-beregne merudvaskning sker i første år, er det korrekte sammenligningsgrundlag for etårige markforsøg 45 % af 18 %, hvilket er 8 %. Derfor skal etårige forsøg, der hævdes at understøtte NLES4-beregningen på landsplan, holdes op mod disse 8 %, og ikke mod 18 %.

Det forholder sig ikke nødvendigvis sådan, at figur A1 kvantitativt set er en eksakt beskrivelse af den virkelige verdens gennemsnitlige kumulative effekt af kvælstof i handelsgødning. Figuren afspejler blot den matematisk betingede respons i NLES4. Ikke desto mindre er den trinvist stigende marginaludvaskning principielt korrekt i forhold til en virkelig situation for de første 6 års vedkommende. Derimod er det konstante niveau for 6 år og opefter en forenkling af virkeligheden. Tidshorizonten for en ny kvælstoflige vægt i jorden ved permanent mertilførsel er i virkeligheden betydeligt længere end 6 år. Herved vil den meget langvarige eftervirkning af kvælstof (se f.eks. Sebilo et al., 2013) blive undervurderet ved anvendelse af NLES4.

I Tilbagerulningsnotatet (Børgesen et al., 2015) holdes den mangeårige marginaludvaskning fra NLES4 op mod den etårige marginaludvaskning fra Engström et al. (2010), Delin og Stenberg (2014) og Manevski et al. (2015).

Dette er statistisk set en forkert sammenligning, der giver bias. En sådan bias vil få virkelighedens marginaludvaskning til at fremstå lavere, end den egentlig er. Uanset om virkelighedens gennemsnitlige, kumulative virkning er højere eller lavere end angivet i figur A1, vil det være en alvorlig fejl at sammenligne på tværs af forskellige varigheder af en øget tilførsel.

Aarhus Universitet postulerer følgende: *"Datagrundlaget for NLES4 giver ikke mulighed for en pålidelig opdeling af førsteårs- og flerårseffekt på marginaludvaskningen. Modellens marginaludvaskning belyser med størst sikkerhed den flerårige effekt"*. Hvis Aarhus Universitet ikke stoler på NLES4-modellens respons, som vist i figur A1, må konsekvensen være, at man afholder sig fra at sammenligne med forsøg, der har kortere varighed end 6 år. Der er ikke andre responser i NLES4, man fagligt korrekt kan sammenligne etårige forsøgs marginaludvaskning med, end den etårige NLES4-respons.

Hvis Aarhus Universitet, som konsekvens af den manglende tiltro til den NLES4-respons som figur A1 viser, afgrænser sig til at bruge forsøg med en varighed på 6 år og derover, skal forsøget "C4" med konventionel dyrkning fra Pandey et al. (submitted) udelades. Forsøgsdata herfra baserer sig på udvaskninger målt henholdsvis 1, 2, 3 og 4 år fra forsøgets begyndelse. Det er således ikke korrekt, når der i Tilbagerulningsnotatet står: "I nye danske opgørelser af udvaskningen fra længerevarende forsøg (10 års observationer) under konstante kvælstofniveauer for kornsædskifter (både konventionelle og økologiske) er marginaludvaskningen bestemt på baggrund af tilførsel af gødning og afgrøderester (Pandey et al., 2015)". De konventionelle forsøg i Pandey et al. (submitted) har 4 års varighed og ikke, som AU hævder, 10 års varighed.

Som illustrativt eksempel svarer Tilbagerulningsnotatets sammenligning mellem NLES4-modellens marginaludvaskning og resultaterne fra de etårige forsøg (Engström et al., 2010; Delin og Stenberg, 2014; Manevski et al., 2015) til, at man har konstrueret en model til forudsigelse af unges højde som 16-årige. Herefter bekræfter man modellen ved at tage den gennemsnitlige højde af en gruppe 11-årige. Denne fremgangsmåde ville indebære en alvorlig statistisk fejl, da man sammenligner med den forkerte kohorte. Der vil være en væsentlig bias, da 11-årige i gennemsnit er betydeligt lavere end 16-årige. De 11-årige mangler 5 års vækst for at kunne sammenlignes.

Analogt hermed mangler det etårige markforsøg 5 års kumulativ påvirkning af kvælstofniveauet for at kunne sammenlignes med den mangeårige NLES4-marginaludvaskning.

Hvad angår de forsøg (Aue, 1993; Benke et al., 1992; Garwood et al., 1986; Hüging, 1997; Ledgard et al., 1999; Ryden et al., 1984; Scholefield et al., 1993; Tyson et al., 1997; Watson et al., 2000), der

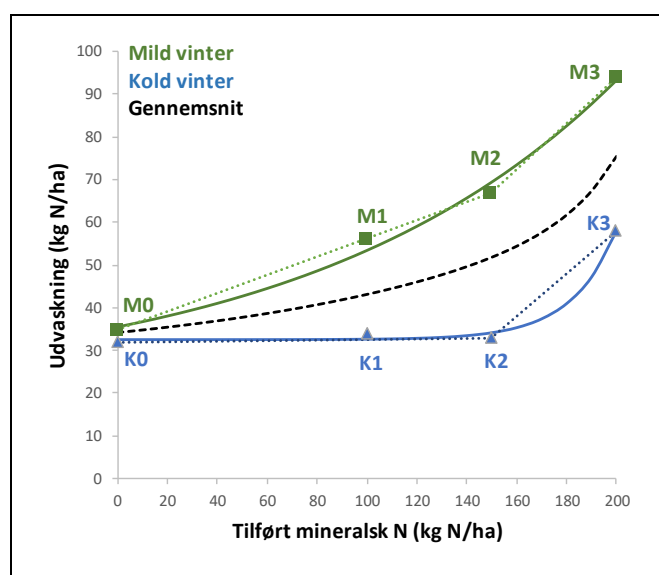
ligger bag formelen i Wachendorf et al. (2004), er varigheden for en del af disse ukendt. Der indgår yderligere forsøg med varighed under 6 år. Det er ikke klart angivet i alle de tilgængelige kilder, om de længerevarende forsøg har fastliggende parceller for de forskellige gødningsniveauer.

Her kan man illustrere sammenligningen i Tilbagerulningsnotatet mellem NLES4-modellens marginaludvaskning og resultaterne fra Wachendorf et al. (2004) med følgende eksempel: man bekræfter den ovenfor skitserede højdemodel for 16-årige ved at sammenligne med den gennemsnitlige højde af en gruppe 11 – 16-årige, hvor man ikke kender den præcise aldersfordeling i gruppen. Denne analoge fremgangsmåde ville indebære en alvorlig statistisk fejl, da man her både har ukendt kohortesammensætning og bias.

Det skal præciseres, at en højdemodel for 16-årige i sine detaljer naturligvis vil afvige betydeligt fra en udvaskningsmodel. Eksemplerne er af illustrativ karakter. Den overordnede type af statistiske fejl, der begås i Tilbagerulningsnotatets sammenligninger ift. NLES4-marginaludvaskningen er af samme karakter, som fejlene i de ovenstående sammenligninger ift. højdemodellen for 16-årige.

3. Bias fra lineær interpolation

I det følgende redegøres for den bias, som Tilbagerulningsnotatets (Børgesen et al., 2015) vurdering af marginaludvaskningen fra Engström et al. (2010) medfører. I Tilbagerulningsnotatet anvendes en lineær interpolation for disse data, samt for data fra Manevski et al. (2015).



Figur A2. Udvasning fra vinterraps tilført forskellige mængder kvælstofgødning, på basis af data fra Engström et al. (2010) (dannet ud fra figur 2A i Analysen, side 5).

Den lineære interpolation mellem punkt K0 og K2 (figur A2) giver en estimeret hældning (som er lig med marginaludvaskningen) på 0,7 %. Interpolationen mellem punkt M0 og punkt M2 giver en estimeret marginaludvaskning på 21,3 %.

Det centrale spørgsmål er, hvilken værdi marginaludvaskningen har ved det antagede økonomiske optimum på 150 kg N/ha. Spørgsmålet kan ikke besvares ved anvendelse af lineær interpolation. Niveauet 150 kg N/ha repræsenterer et "knæpunkt", og det er derfor ikke muligt at bestemme en hældning i punkterne K2 og M2. Matematisk set betyder det, at den knækkede linje ikke er differentiabel i disse punkter. Ved 149,9 kg N/ha er hældningen i punktet henholdsvis 0,7 % (K0 til K2) og 21,3

% (M0 til M2). Ved 150,1 kg N/ha er hældningen i punktet henholdsvis 50 % (K2 til K3) og 54 % (M2 til M3).

Et mindre biaseret estimat fås ved at tage gennemsnittet af de to linjers hældning. Derved bliver hældningen henholdsvis $(0,7 \% + 50 \%) / 2 = 25,4 \%$ og $(21,7 \% + 54 \%) / 2 = 37,9 \%$. Den interpolerede kurve (se Analysen for udregning) giver formodentlig de mest realistiske værdier på henholdsvis 8,9 % og 38,7 %, med et gennemsnit på 23,8 %.

Tilbagerulningsnotatets udregning får markforsøgets marginaludvaskning til at fremstå lavere end marginaludvaskningen fremstår ved anvendelse af mere retvisende interpolationsmetoder. Det anføres i Tilbagerulningsnotatet at: *"Marginaludvaskningen blev estimeret til at ligge mellem 0 og 20 % ved en kvælstoftilførsel mellem 0 og fuld gødningstildeling"*.

At begrænse sig til intervallet under økonomisk optimum, og dermed under det "knæk", som forekommer ved økonomisk optimum, er ikke retvisende.

Som behandlet i afsnit 2 i Appendiks, skal en korrekt sammenligning foretages mellem den etårige værdi fra forsøget og den etårige respons fra modellen. Dette giver en sammenligning mellem 23,8 % og 8%. Forsøgets gennemsnitlige marginaludvaskning ved økonomisk optimum er således tre gange højere end modellens respons. Dette står i kontrast til udregningen i Tilbagerulningsnotatet, hvor de 0 – 20 % sammenlignes med den angivne flerårige marginaludvaskning på 1/5. Hermed giver Aarhus Universitets sammenligning det indtryk, at forsøgets marginaludvaskning på ingen måde er højere end modellens marginaludvaskning. Den ukorrekte sammenligning og den biaserede interpolationsmetode i Tilbagerulningsnotatet medfører, at det fremstår som om, forsøget er i god overensstemmelse med NLES4-landsgennemsnittet. Dette er ikke korrekt, da forsøget har en *betydeligt højere* marginaludvaskning end NLES4-landsgennemsnittet.

4. Tilbageviste udsagn fra Tilbagerulningsnotatet

I det følgende undersøges to væsentlige udsagn fra Tilbagerulningsnotatet (Børgesen et al., 2015).

Første udsagn omhandler konsistens mellem forsøgsresultater og modelberegninger:

"Der foreligger relativt få internationale forsøg, der ud fra stigende tilførsel af kvælstof i handelsgødning direkte belyser marginaludvaskningen fra forskellige afgrødetyper. Ud fra det ovenstående vurderes det imidlertid, at niveauet for marginaludvaskning beregnet med NLES4 er i overensstemmelse med det niveau, der er fundet i nationale og internationale studier, hvor der er gødet under økonomisk optimum".

I Analysen gennemføres en faglig korrekt og relativt detaljeret sammenligning mellem NLES4-responser og forsøgsresultaterne. Sammenligningen viser, at NLES4-marginaludvaskningen er betydeligt lavere end marginaludvaskningen fra de forsøg, der kunne indgå i en valid sammenligning. Ovenstående udsagn er således ikke korrekt.

Andet udsagn vedrører sammenligning af regnemodellerne NLES3 og NLES4:

"Marginaludvaskningen, beregnet med NLES4, er desuden i bedre overensstemmelse med resultater af nationale og internationale studier (se Afsnit 2.5)".

NLES3 viser en væsentligt højere marginaludvaskning end NLES4. Samtidig viser de valide sammenligninger i Analysen, at forsøgsresultaternes marginaludvaskning er betydelig højere end NLES4-marginaludvaskningen. Ovenstående udsagn kan derfor ikke være korrekt.

Herudover er det problematisk, at man sammenligner med data fra Pandey et al. (submitted) uden at gøre opmærksom på, at data fra samme forsøgsrække er anvendt til kalibrering af NLES4 (boks 29). Sammenligninger med forsøgsresultater, der ikke er uafhængige af modeludviklingen, bør ikke anvendes til en modelbekræftelse. Når Aarhus Universitet alligevel foretager en sådan sammenligning, skal der gøres klart opmærksom på, at data ikke er uafhængige.

5. Miljø- og fødevareministerens svar til Folketingets Miljø- og Fødevareudvalg

Nedenfor gengives miljø- og fødevareministerens svar til Folketingets Miljø- og Fødevareudvalg vedrørende anvendelsen af en ændret NLES version (version 4 i stedet for version 3). Spørgsmålet blev stillet den 3. marts 2016, og ministerens svar er dateret den 31. marts 2016.

I ministerens svar anføres det bl.a., at: "Marginaludvaskningen, beregnet med NLES4, er i bedre overensstemmelse med resultater af nationale og internationale studier".

Dette er en næsten ordret gengivelse af udsagnet i Tilbagerulningsnotatets side 12. Som det anføres ovenfor i afsnit 4, Appendiks, er dette udsagn ikke korrekt, og kan derfor ikke legitimere anvendelsen af NLES4 frem for NLES3.

Miljø- og Fødevareudvalget
2015-16 MOF Alm.del endeligt
svar på spørgsmål 568 Offentligt

Folketingets Miljø- og Fødevareudvalg
Christiansborg
1240 København K

Landbrug og Miljø
Ref. benib
Den 31. marts 2016

Miljø- og fødevareministerens besvarelse af spørgsmål nr. 568 (MOF alm. del) stillet 3. marts 2016 efter ønske fra Ida Aukén (RV).

Spørgsmål nr. 568

"I kvælstofregnskabet der er lagt til grund for aftalen af 22. december 2015 om en fødevare- og landbrugspakke, er der anvendt en ændret N-les til beregning af kvælstofudvaskningen. Vil ministeren redegøre for, hvilke forskningsmæssige forsøg, der er lagt til grund for den ændrede beregning, samt om der er forskningsmæssige forsøg, der taler imod at anvende den ændrede beregning? Ministeren bedes redegøre for, hvornår der foreligger yderligere ændringer i denne beregningsmetode, jf. det baggrundsmateriale, der er udsendt af Århus Universitet som grundlag for aftalen."

Svar

NLES er en dansk empirisk model udarbejdet af Aarhus Universitet, der er baseret på statistisk behandling af målte data for udvaskning af nitrat fra landbrugsjord. De målte data, der indgår i NLES-versionerne, stammer dels fra markforsøg og drænvandsundersøgelser, dels fra målinger på private landbrugsbedrifter i Landovervågningsprogrammet (LOOP).

Den første version af modellen blev lanceret i 2000, og i øjeblikket anvendes den 4. version af modellen, NLES-4. Modellen opdateres løbende, når Aarhus Universitet vurderer, at der er nye data, der skal indbygges i modellen. I arbejdet med at forbedre NLES-versionerne er datagrundlaget i tidens løb suppleret med nye observationer. Der indgår således 598, 596, 1299 og 1467 observationer i henholdsvis NLES1, NLES2, NLES3 og NLES4. Det er Aarhus Universitet, der vurderer, hvilke nye data der er relevante, for at modellen giver de mest pålidelige resultater.

Det er især den såkaldte marginaludvaskning, der beskriver den andel eller procentdel af kvælstof, der udvaskes ved tilførsel af en given mængde ekstra kvælstof, der har ændret sig fra NLES-3 til NLES-4. Tidligere var marginaludvaskningen estimeret til omtrent 1/3, hvorimod de seneste estimater fra Aarhus Universitet viser, at marginaludvaskningen er ca. 1/5. Marginaludvaskningen, beregnet med NLES4, er i bedre overensstemmelse med resultater af nationale og internationale studier.

Der er under Aftale mellem Aarhus Universitet og Miljø- og Fødevareministeriet om udførelse af forskningsbaseret myndighedsbetjening bestilt en opdatering af modellen, NLES-5, som forventes at være færdigudviklet i efteråret 2017.

Esben Lunde Larsen / Morten Ejrnæs

Referencer

- Aue, C. 1993. The relevance of nutrient concentration in the drainage water for the nutrient fluxes in soils under forest and agricultural use in the young moraine landscape Bornhöveder Seenkette in northern Germany. (in German) Ph.D. thesis, Christian-Albrechts-University, Kiel, Germany.
- Benke, M., Kornher, A., Taube F. 1992. Nitrate leaching from cut and grazed swards influenced by nitrogen fertilization. Proceedings of the 14th General Meeting of the European Grassland Federation, Lahti, Finland, 184–188.
- Blicher-Mathiesen, G., Grant, R., Jørgensen, U., Poulsen, H.D. 2003. Baggrundsnotat til VMP II – slutevaluering. Vandmiljøplan II – slutevaluering af de enkelte virkemidler. Status 2002 og prognose 2003. Internt notat, Danmarks Miljøundersøgelser og Danmarks JordbrugsForskning.
- Børgesen, C.D., Jensen, P.N., Blicher-Mathiesen, Schelde, K. (Editors). 2013. Udviklingen i kvælstofudvaskning og næringsstofoverskud fra dansk landbrug for perioden 2007-2011. Evaluering af implementerede virkemidler til reduktion af kvælstofudvaskning samt en fremskrivning af planlagte virkemidlers effekt frem til 2015. DCA rapport nr. 031. Aarhus Universitet
- Børgesen, C.D., Olesen, J.E., Eriksen, J. 2017. Vedrørende marginaludvaskning fra hovedoplande og kystvandoplande: Uddybning af ”Notat om tilbagerulning af tre generelle krav, Normreduktion, Obligatoriske efterafgrøder og Forbud mod jordbearbejdning i efteråret”. Notat til Natur-Erhvervstyrelsen den 25. januar 2017.
http://pure.au.dk/portal/files/108508230/Marginaludvaskningsnotits_19_01_2017.pdf
- Børgesen, C.D., Thomsen, I.K., Hansen, E.M., Kristensen, I.T., Blicher-Mathiesen, G., Rolighed, J., Jensen, P.N., Olesen, J.E., Eriksen, J. 2015. Notat om tilbagerulning af tre generelle krav, Normreduktion, Obligatoriske efterafgrøder og Forbud mod jordbearbejdning i efteråret. Aarhus Universitet. Notat til NaturErhvervstyrelsen den 11. november 2015.
[http://pure.au.dk/portal/files/95991713/Notat om tilbagerulning af tre generelle krav Normreduktion Obligatoriske efterafgr der og Forbud mod jordbearbejdning i efter ret 111115.pdf](http://pure.au.dk/portal/files/95991713/Notat_om_tilbagerulning_af_tre_generelle_kvav_normreduktion_obligatoriske_etterafgr_eder_og_forbud_mod_jordbearbejdning_i_etter_reta_111115.pdf)
- De Notaris, C., Rasmussen, J., Sørensen, P., Olesen, J.E. 2017. Nitrogen leaching: A crop rotation perspective on the effect of N surplus, field management and use of catch crops. Agriculture, Ecosystems and Environment 255, 1–11.
- Delin, S., Stenberg, M. 2014. Effect of nitrogen fertilization on nitrate leaching in relation to grain yield response on loamy sand in Sweden. European Journal of Agronomy 52, 291-296.
- Engström, L., Stenberg, M., Aronsson, H., Lindén, B. 2010. Reducing nitrate leaching after winter oilseed rape and peas in mild and cold winters. Agronomy for Sustainable Development 31, 337–347.

Garwood, E.A., Ryden, J.C. 1986. Nitrate loss through leaching and surface runoff from grassland: effects of water supply, soil type and management. In: Van der Meer H.G., Ryden J.C. and Ennik G.C. (eds) Nitrogen Fluxes in Intensive Grassland Systems, 99–113. Dordrecht: Martinus Nijhoff.

Grant, R. 2002. Landovervågning: Opskalering af modelberegnet kvælstofudvaskning til hele landet. Notat fra Danmarks Miljøundersøgelser. 3 pp.

Grant, R., 2002. Genberegning af effekten af Vandmiljøplan I og II. Notat fra Danmarks Miljøundersøgelser. 15 pp.

Grant, R., Blicher-Mathiesen, G., Jørgensen, V., Kyllingsbæk, A., Poulsen, H.D., Børsting, C., Jørgensen, J.O., Schou, J.S., Kristensen, E.S., Waagepetersen, J., Mikkelsen, H.E., 2000. Vandmiljøplan II – midtvejsevaluering. Miljø- og Energiministeriet & Danmarks Miljøundersøgelser. 65 pp. http://www2.dmu.dk/1_viden/2_Publikationer/3_Ovrige/rapporter/VMPII_midtvejs_web.pdf

Grant, R. og Waagepetersen, J. 2003. Vandmiljøplan II - slutevaluering, Danmarks Miljøundersøgelser og Danmarks JordbrugsForskning. 32 pp. www.dmu.dk/publikation-ovrigepublikationer

Goulding, K.W.T., Poulton, P.R., Webster, C.P., Howe, M.T. 2000. Nitrate leaching from the Broadbalk Wheat Experiment, Rothamsted, UK, as influenced by fertilizer and manure inputs and the weather. *Soil Use and Management* 16, 244-250.

Hüging, H. 1997. Impact of pasture management in an upland watershed in the 'Bergisches Land' on the nitrate contamination of the soil water, sward productivity and animal performance (in German). Ph.D. thesis, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn, Germany.

Iversen, T.M., Grant, R., Blicher-Mathiesen, G., Andersen, H.E., Skop, E., Jensen, J.J., Hasler, B., Andersen, J., Hoffmann, C.C., Kronvang, B., Mikkelsen, H.E., Waagepetersen, J., Kyllingsbæk, A., Poulsen, H.D., Kristensen, V.F. 1998. Vandmiljøplan II – faglig vurdering. Miljø- og Energiministeriet, Danmarks Miljøundersøgelser. 44 pp.

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, Aarhus Universitet og Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. DJF rapport 139.

http://pure.au.dk/portal/files/2423945/DJF_rapport_Markbrug_139

Larsen, S., Kristensen, K. 2007. Udvaskningsmodellen N-LES3 – usikkerhed og validering. DJF rapport, Markbrug. 132.

Ledgard, S.F., Penno, J.W., Sprosen, M.S. 1999. Nitrogen inputs and losses from clover/grass pastures grazed by dairy cows, as affected by nitrogen fertilizer application. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 132, 215–225.

Lord, E.I., Mitchell, R.D.J. 1998. Effect of nitrogen inputs to cereals on nitrate leaching from sandy soils. *Soil Use and Management* 14, 78–83.

Manevski, K., Børgesen, C.D., Andersen, M.N., Kristensen, I.S. 2015. Reduced nitrogen leaching by intercropping maize red fescue on sandy soils in Northern Europe: a combined field and modeling study. *Plant and Soil* 388, 67-85.

Mazzotti, F.J. og Vinci, J.J. 2016. Validation, Verification, and Calibration: Using Standardized Terminology When Describing Ecological Models. Wildlife Ecology and Conservation Department, UF/IFAS Extension WEC216.

Olesen, J.E. 2013. Hvordan kan udvaskningen og belastningen af vandmiljøet yderligere reduceres? *Agrologisk* 8, 6-8.

<http://orgprints.org/25720/7/25720.pdf>

Olesen, J.E. 2014. Kvælstofforsyning på økologiske planteavlsbedrifter. Sammendrag fra Planteavlskongressen 2014, 288-290.

<http://orgprints.org/25719/7/25719.pdf>

Pandey, A., Li, F., Askegaard, M., Rasmussen, I.A. & Olesen, J.E. (submitted). Nitrogen balances in organic and conventional arable crop rotations and their relations to nitrogen yield and leaching losses. *Agriculture, Ecosystems and Environment*

Petersen, B.M. 2017. Analyse af forudsætninger for Landbrugspakken. Rapport fra Danmarks Naturfredningsforening.

<http://www.dn.dk/media/24635/analyse-af-forudsætninger-for-landbrugspakken.pdf>

Ryden, J.C. 1984. The flow of nitrogen in grassland. *Proceedings of the Fertiliser Society, London*, 229, 1-44.

Scholefield, D., Tyson, K.C., Garwood, E.A, Armstrong, A.C., Hawkins, J., Stone, A.C. 1993. Nitrate leaching from grazed grassland lysimeters: effects of fertilizer input, field drainage, age of sward and patterns of weather. *Journal of Soil Science* 44, 601-613.

Sebilo, M., Mayer, B., Nicolardot, B., Pinay, G., Mariotti, A. 2013. Long-term fate of nitrate fertilizer in agricultural soils. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A* 110, 18185 – 18189.

Shah, A., Askegaard, M., Rasmussen, I.A., Jimenez, E.M.C., Olesen, J.E. 2017. Productivity of organic and conventional arable cropping systems in long-term experiments in Denmark. *European Journal of Agronomy* 90, 12-22.

Simmelsgaard, S. E. 1991. Estimering af funktioner for kvælstofudvaskning. I. S. Rude, *Kvælstofgødning i landbruget – behov og udvaskning nu og i fremtiden*. Rapport nr. 62, Statens Jordbrugs - og Fiskeriøkonomiske Institut, 150 pp.

Simmelsgaard, S.E. 1998. The effect of crop, N-level, soil type and drainage on nitrate leaching from Danish soil. *Soil Use and Management* 14, 30-36.

Tyson, K.C., Scholefield, D., Jarvis, S.C., Stone, A.C. 1997. A comparison of animal output and nitrogen leaching losses recorded from drained fertilized grass and grass/clover pasture. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 129, 315–323.

Wachendorf, M., Büchter, M., Trott, H., Taube, F. 2004. Performance and environmental effects of forage production on sandy soils. II. Impact of defoliation system and nitrogen input on nitrate leaching losses. *Grass and Forage Science*, 59, 56-68.

Watson, C.J., Jordan, C., Lennox, S.D., Smith, R.V., Steen, R.W.J. 2000. Inorganic nitrogen in drainage water from grazed grassland in Northern Ireland. *Journal of Environmental Quality* 29, 225–232.

Waagepetersen, J., Grant, R., Børgesen, C.D., Iversen, T.M. 2008. Midtvejsevaluering af Vandmiljøplan III. Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet og Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. 36 pp.