

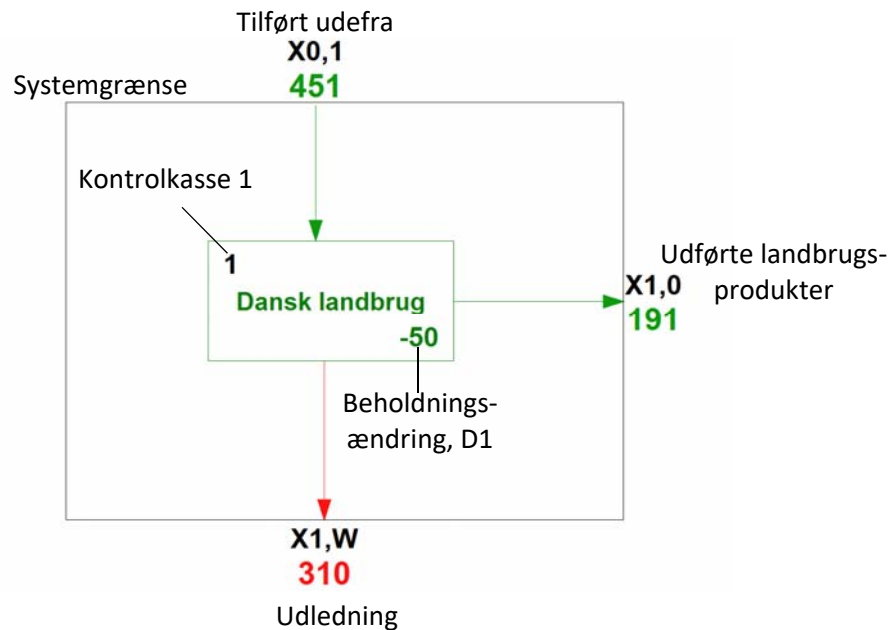
## **Landbrugets kvælstofbalance**

I det følgende benyttes metoden og systemet beskrevet i artiklen "Kunsten at balancere og undgå tab", (Antuel Naturvidenskab Nr. 2, 2017) til at opstille dansk landbrugs kvælstofbalance i tre trin. Balancerne bestemmer blandt andet kvælstofudledningen, og hvordan den fordeler sig på tre dele, hvoraf kun den ene er med i Landbrugspakken.

På sidste side findes en komplet fortegnelse over strømme, beholdningsændringer og nøgletal i balancerne på de sidste to trin.

Hans Schrøder  
hans@schroder.dk

## Landbrugets kvælstofbalance (1)



Dansk landbrug i én stor kontrolkasse. Systemgrænsen afgrænser kassen mod omgivelserne: to ubalancerede systemer (ikke vist). Det ene (0) ligger ovenover og til begge sider. Det andet (W) ligger nedenunder. Strømmen fra kasse i til kasse j er  $X_{i,j}$ . Fx er strømmen af kvælstof udefra  $X_{0,1} = 451$  kton N per år. Ligeledes er strømmen i de udførte produkter  $X_{1,0} = 191$  kton N per år. Disse strømme er grønne, fordi de er data-input. Forskellen,  $451 - 191 = 260$ , kaldes kvælstofoverskuddet.

Loven om grundstoffernes bevarelse siger, at kvælstof hverken forsvinder eller opstår. Det betyder, at vi kan holde regnskab med kvælstof, ligesom vi kan holde regnskab med penge – med samme ufejlbarlige metode, nemlig det dobbelte bogholderis. Det samme gælder regnskab med energi, der som bekendt også er en bevaret størrelse. Det betragtede system kunne således lige så godt være en varmemaskine med det varme reservoir øverst og det kolde nederst.

Balanceligningen for kontrolkasse 1 er

$$D1 = X_{0,1} - (X_{1,0} + X_{1,W})$$

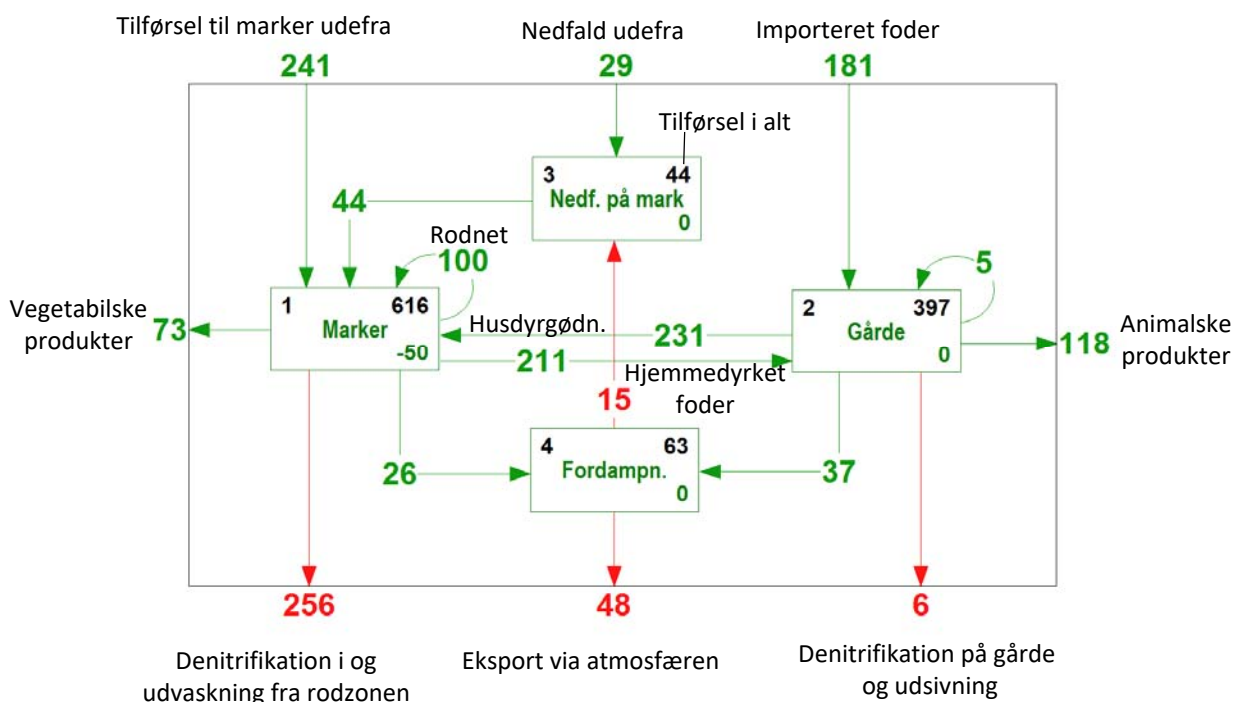
Beholdningsændringen (D1) vurderes for tiden at være omkring  $-50$  kton N/år.

$$-50 = 451 - (191 + X_{1,W}),$$

hvoraf udledningen,  $X_{1,W} = 310$  kton N per år. Den er rød, fordi den er beregnet.

\*\*\*

## Landbrugets kvælstofbalance (2)



Landbrugets kvælstofbalance mere detaljeret. Kasse 1 er her ikke længere hele landbruget, men kun planteavl (**Marker**). Den og kasse 2 (**Gårde**) er de vigtigste, men for at få de luftbårne kvælstofstrømme med, må der tilføjes yderligere to kasser, nemlig Kasse 3 (**Nedfald på mark**) og Kasse 4 (**Fordampning af ammoniak fra marker og gårde**).

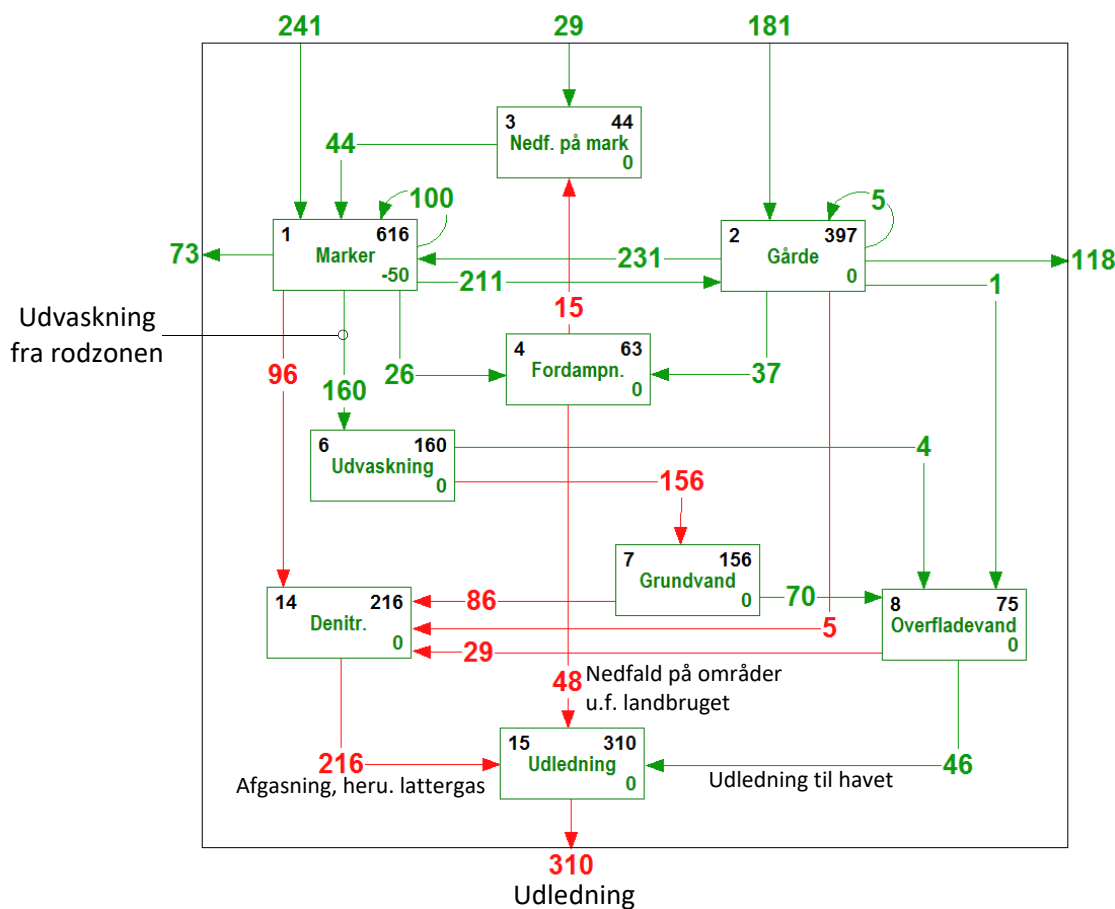
De fire røde strømme er ubekendte i et sæt sammenhørende ligninger bestående af fire balanceligninger, én for hver kasse. Disse strømme er valgt som ubekendte, fordi de er vanskelige, for ikke at sige umulige, at måle. Tag fx den store strøm på 256 kton N per år, der er afgasning ved denitrifikation i plus udvaskning fra rodzonen. Den kan ikke måles, men den kan, lige som de tre andre røde strømme, beregnes af balancen.

Lægges de fire balanceligninger sammen, går de indre strømme ud mod hinanden. Tilbage er beholdningsændringen og strømme, der krydser systemgrænsen, dvs. balancen for landbruget (1).

Data-input (grønne) er mine kvalificerede skøn. De er ikke helt ved siden af, usikkerheden taget i betragtning, men de afventer et 'kvalitetstjek' fra de forskningsinstitutioner, der har til opgave at gøre rede for disse strømme.

\*\*\*

### Landbrugets kvælstofbalance (3)



For nærmere at gøre rede for hvor kvælstofudledningen bliver af, må der tilføjes yderligere fem kasser, der nu ikke længere nummereres fortløbende, nemlig Kasse 6 (**Udvaskning**), Kasse 7 (**Grundvand**), Kasse 8 (**Overfladevand**), og Kasse 14 (**Denitrifikation**).

Den femte og sidste, Kasse 15 (**Udledning**), modtager tre strømme (kton N/år): 1) 216, der er afgasning til atmosfæren (herunder af lattergas) hidrørende fra denitrifikation, 2) 48, der er eksport af ammoniak-N med efterfølgende nedfald på land- og vandområder uden for landbrugsarealet og 3) 46, der er udledningen til havet. Udledning i alt = 310 kton N/år.

Først var der én kasse, så fire, og nu er der ni kasser og derfor ni ligninger med de viste ni røde strømme som ubekendte.

Bemærk at der i debatten om landbrugspakken kun tales om udledningen til havet. Der tales ikke om afgasningen, herunder udledningen af lattergas, der er en stærk drivhusgas, og heller ikke om nedfaldet af kvælstof på land- og vandområder uden for landbrugsarealet, selv om begge er en del af kvælstofudledningen. Nedfaldet (48) giver et kvælstofbidrag til havet omkring Danmark, der er sammenligneligt med udledningen til havet (46).

\*\*\*

## Strømme, beholdningsændringer og nøgletal i landbrugets kvælstofbalance (3)

Strømme		kton N/år kg N/ha/år	
X0,1	Handelsgødning + fiksering + slam	241	93
X0,2	Importeret foder (herunder fisk)	181	70
X0,3	Nedfald på landbrugsarealet hidr. fra kilder uden for landbruget	29	11
X1,1	Mineralisering (= efterladt i rodnet i ligevægt)	100	38
X1,2	Hjemmedyrket foder (herunder returprodukter)	211	81
X1,4	Amm fordampning fra udbragt gødning og fra planter	26	10
X1,6	Udvaskning fra rodzonen	160	62
X1,14	Denitrifikation i + udvaskning fra rodzonen	96	37
X1,0	Bortsolgte planteprodukter, ekskl. returprodukter	73	28
X2,1	Husdyrgødning til markerne (udbragt og afsat)	231	89
X2,2	Animalske returprodukter	5	2
X2,4	Amm. fordampn. fra gårde (gylletanke mm)	37	14
X2,8	Udsivning af NO <sub>3</sub> -N (ulovlige udledninger)	1	0
X2,14	Denitrifikation, gødningsopbevaring, gårde	5	2
X2,0	Bortsolgte animalske produkter, ekskl. returprodukter	118	45
X3,1	Nedfald i alt på landbrugsarealet	44	17
X4,15	Nedfald af amm-N uden for landbruget	48	18
X4,3	Nedfald af amm-N på det dyrkede areal	15	6
X6,8	Overfladisk afstrømning	4	2
X6,7	Nedsivning til grundvandet	156	60
X7,14	Biologisk og kemisk denitrifikation i grundvandet	86	33
X7,8	Drænvand (i hovedsagen)	70	27
X8,15	Afstrømning gennem vandløb	46	18
X8,14	Denitrifikation i overfladevandets sediment (inkl. vådområder)	29	11
X14,15	Samlet udledning hidr. fra denitrifikation	216	83
X15,W	Samlet udledning fra dansk landbrug	310	119
<b>Beholdningsændringer</b>			0
D1	Rodzonen	-50	-19
D2	Gårde	0	0
D7	Grundvand	0	0
D8	Overfladevand	0	0

Nøgletal	Definition	Dim. Løs
Udnyttelsesgrad (optaget i hele planten) / (tilført i alt)	$(X1,0+X1,1+X1,2+D1) / (X0,1+X3,1+X1,1+X2,1)$	0,54
Høst / optaget i hele planten	$(X1,0+X1,2) / (X1,0+X1,2+X1,1+D1)$	0,85
Andel hjemmedyrket foder	$X1,2 / (X1,2+X0,2)$	0,53
Fordampningsgrad (fordampet / tilført i alt)	$X1,4 / (X0,1+X3,1+X1,1+X2,1)$	0,04
Udvaskningsgrad (udvasket / tilført i alt)	$X1,6 / (X0,1+X3,1+X1,1+X2,1)$	0,26
Udnyttelsesgrad (produceret / tilført i alt)	$(X2,0+X2,2) / (X1,2+X0,2+X2,2)$	0,31
Udbragt og afsat / husdyrgødning i alt	$X2,1 / (X2,1+X2,4+X2,14+X2,8)$	0,84
Returandel	$X2,2 / (X2,0+X2,2)$	0,04
Fordampningsgrad (fordampet / tilført i alt)	$X2,4 / (X0,2+X2,2+X1,2)$	0,09
Udvaskningsgrad (udvasket / tilført i alt)	$X2,8 / (X0,2+X1,2+X2,2)$	0,00
Nedfald på landbrugsareal / fordampet	$X4,3 / (X4,3+X4,15)$	0,24
Overfladisk afstrømningsgrad	$X6,8 / (X6,7+X6,8+D6)$	0,03
Denitrifikationsgrad, grundvand	$X7,14 / X6,7$	0,55
Denitrifikationsgrad, overfladevand	$X8,14 / (X7,8+X6,8+X2,8)$	0,39

\*\*\*