

Notat

 SEGES Innovation
 Plante- & MiljøInnovation

Årets forsøg og gennemgang af beregning af tab af lattergas	Ansvarlig	nanb
	Oprettet	24-11-2025
	Side	1 af 3
Projekt: 101210, Klimaoptimeret udnyttelse af gylle (KUGA)		

Beregning af tab af lattergas i forsøgene

I projektet i 2025 blev der gennemført 2 forsøgsserier med lattergasmålinger med 2 forsøg i hver. I alt altså 4 forsøg. Den ene forsøgsserie havde bl.a. til hensigt at 1) sammenligne udledningen af N₂O fra vår- og vintersæd, 2) sammenligne emissionen fra slangeudlagt og nedfældet gylle, 3) undersøge effekten af startgødning givet som handelsgødning, og 4) undersøge effekten af todelt gødskning i vårsæd. Det andet forsøg havde til formål at undersøge effekten af forskellige behandlinger af hhv. afgasset biomasse og kvæggylle. Se links til forsøgsplanerne nedenfor:

- [Nordic Field Trial System - Forsøgsplan: 070822525 Lattergaseffekt af gødningsstrategi ved tilførsel af gylle til vår- og vintersæd](#)
- [Nordic Field Trial System - Forsøgsplan: 070942525 Bestemmelse af lattergasemission og gødningseffekt af afgassede biomasser i vinterhvede](#)

Alle fire forsøg forløb efter planen og blev alle klassificeret som ok.



Figur 1. Udtagning af gasprøver i markforsøg.

Opsætning af forsøgene og prøvetagningen fulgte protokollerne i [Kvalitet i Landsforsøgene](#), og analyserne af lattergasprøverne blev foretaget af Teknologisk Institut på gaskromatografer. Rådata blev herefter behandlet af SEGES og gennemgik 3 overordnede trin: 1) Kvalitetstjek af rådata, 2) Beregning af N₂O-N koncentration og 3) Fluxberegning.

1) Kvalitetstjek af rådata

I forbindelse med prøvetagningen gennemføres der fire prøveudtagninger i løbet af ca. to timer. Disse prøveudtagninger (T0, T1, T2 og T3) udtages med ca. 20-30 minutters mellemrum. CO₂-koncentrationen bruges som indikator for kvaliteten af disse gasudtagninger. Når det uigennemsigtige kammer placeres på rammen, ophører fotosyntesen, og der kan ikke optages CO₂. Den målte koncentration kan derfor kun stige eller forblive stabil afhængigt af den biologiske aktivitet. Ved lav aktivitet, som ved lave temperaturer eller sparsom vegetation, vil koncentrationen typisk være uændret. Hvis CO₂ falder markant fra én udtagning til den næste, skyldes det ikke biologiske processer, men fejl i udtagning eller analyse. Da gaskromatografens usikkerhed er lille (20-40 ppm CO₂), vurderes en forskel på op til 45 ppm som acceptabel. Overskrides denne grænse, betragtes værdien som en outlier, og hele gasprøven (inkl. N₂O) antages ugyldig. Kun den sidste måling (T3) må fjernes som outlier, da sammenhæng mellem prøverne er vigtig. T0 er afgørende for fluxberegningen, da den angiver startværdien. Så hvis T0, T1 eller T2 er outlier, skal alle fire målinger kasseres, og fluxen bortfalder. N₂O skal også vurderes, men variation her kan sjældent forklares lige så enkelt som ved CO₂. Eksemplet nedenfor viser data frasorteret pga. stort CO₂-fald (markeret med gul).

Sample Label With Date	Time	N2O ppm	CO2 ppm
070822525-001-L8G1_45754	t0	0,4391	576,2461
070822525-001-L8G1_45754	t1	0,4862	1064
070822525-001-L8G1_45754	t2	0,4982	1198,7817
070822525-001-L8G1_45754	t3	0,4892	1369,5244
070822525-001-L8G3_45754	t0	0,4011	563,4361
070822525-001-L8G3_45754	t1	0,5496	1201,2411
070822525-001-L8G3_45754	t2	0,5669	1122,8204
070822525-001-L8G3_45754	t3	0,6511	1539,1847
070822525-001-L8G2_45754	t0	0,4099	584,0336
070822525-001-L8G4_45757	t0	0,4041	558,4724
070822525-001-L8G4_45757	t1	0,4134	589,4002
070822525-001-L8G4_45757	t2	0,402	731,5187
070822525-001-L8G4_45757	t3	0,4089	599,4306

2) Beregning af N2O-N koncentrationen

For at få N2O-N koncentrationen divideres N2O (ppm) koncentration med gas-samplings volumen (mol L⁻¹) og ganges med den molære vægt af de 2 N molekyler (28,02 g mol⁻¹). Har man interesse i at beregne flux for hele N2O molekylet, ikke blot for N2O-N (som det er kutyme), ganger man i stedet for med N2O molvægten (44,01 g mol⁻¹).

Sample Label With Date	Time	N2O ppm	Temperature	Volume_V	Volume, 1 mol (L)	Deploy_time	N2O (ug/L)	CO2 (ug/L)	CH4 (ug/L)	Marked as	N2O-N (ug/L)
070822525-001-L8G1_45754	t0	0,4391	0,8700000	61,300947	22,88870558381	0	0,8442745	1108,0713	1,6221939272205987		0,595198534
070822525-001-L8G1_45754	t1	0,4862	0,8700000	61,300947	22,88870558381	1,2083333	0,9348355	2045,9799	1,5339489326487556		0,595198534

Gas-samplings volumen er baseret på idealgasligningen. Den skal beregnes således:

$$= 0,082056 * \frac{273,15 + \text{temperatur}}{\left(\frac{\text{luftryk}}{1013,25}\right)}$$

Temperatur og luftryk blev målt i marken ved gasudtagning (tages fra vejrstation på marken, eller nærliggende vejrstationer, eller DMI, hvis vejrstationer er i stykker).

3) Fluxberegning

Til fluxberegningen skal der bruges: det individuelle prøve ID, kammervolumen, rammeareal, udtagningstid og N2O-N koncentration. Nedenfor er en screenshot af forsøgets HMR-input fil.

flux_id	volume_v_l	area_a_m2	deploy_time_h	n2o_n
070822525-001-L8G1_45754	61,30094759	0,2304	0	0,537539
070822525-001-L8G1_45754	61,30094759	0,2304	1,208333333333	0,595199
070822525-001-L8G1_45754	61,30094759	0,2304	1,525277777777	0,609889
070822525-001-L8G1_45754	61,30094759	0,2304	1,856666666666	0,598871
070822525-001-L8G2_45754	62,005313	0,2304	0	0,501793
070822525-001-L8G2_45754	62,005313	0,2304	1,155833333333	0,573775
070822525-001-L8G2_45754	62,005313	0,2304	1,465	0,561289
070822525-001-L8G2_45754	62,005313	0,2304	1,807222222222	0,582834

HMR er en R-pakke der beregner gasflukse på baggrund af målte koncentrationer. Det benyttede script ser sådan ud:

```
HMR(filename= "my_hmr_input_file.csv",
  series = NA,
  dec = ',',
  sep = ';',
  SatPct = 90,
  SatTimeMin = 2,
  pfvar = 0.0001,
  pfalpha = 0.05,
  LR.always = TRUE,
  FollowHMR = TRUE,
  IfNoValidHMR = 'LR',
```

IfNoFlux = 'LR',
IfNoSignal = 'LR')

Nedenfor er et eksempel på en outputfil fra et af forsøgene.

Series	f0	f0.se	f0.p	f0.lo95	f0.up95	Method	Warning	Prefilter	Prefilter.p	SatCrit.War	LR.f0	LR.f0.se	LR.f0.p	LR.f0.lo95	LR.f0.up95	LR.Warning
070822525-001-L8G1_45754	1,006e+01	2,540e+00	5,827e-02	-8,72E-01	2,099e+01	LR	None	Signal	6,118e-07	Flux limited	1,006e+01	2,540e+00	5,827e-02	-8,72E-01	2,099e+01	None
070822525-001-L8G2_45754	1,189e+01	2,783e+00	5,069e-02	-8,82E-02	2,386e+01	LR	None	Signal	1,077e-08	Flux limited	1,189e+01	2,783e+00	5,069e-02	-8,82E-02	2,386e+01	None
070822525-001-L8G4_45754	5,029e+01	2,108e+01	2,527e-01	-2,18E+02	3,181e+02	HMR	None	Signal	0,000e+00	None	3,170e+01	3,944e+00	1,513e-02	1,473e+01	4,867e+01	None

For hver prøvetagningsdato beregnes den temporale fluks som gennemsnittet af de målte flukse på tværs af gentagelser inden for en behandling. Derudover beregnes standardafvigelsen og standardfejlen for fluksværdierne på samme prøvetagningsdato. Den kumulative N2O-fluks beregnes ved hjælp af en trapezmetode, der estimerer arealet under kurven af fluksmålinger over tid. For hver behandling inden for hvert forsøg er trinene som følger:

Beregning af kumulativ fluks: Inden for hver gentagelse af en behandling beregnes den kumulative fluks som summen af den gennemsnitlige fluks mellem to på hinanden følgende prøvetagningsdatoer, multipliceret med tidsintervallet i dage mellem disse datoer:

$$kumulativ\ fluks = \sum \left(\frac{f_i + f_{i-1}}{2} * dage\ mellem\ prøver \right)$$

Efter at have beregnet den kumulative fluks for hver gentagelse, aggregeres data ved at tage gennemsnittet af den kumulative fluks på tværs af gentagelser for hver behandling. Standardafvigelsen og standardfejlen af den kumulative fluks beregnes også.